LJ-96-10 c.2

SOUTHWEST FISHERIES SCIENCE CENTER

NATIONAL MARINE FISHERIES SERVICE SOUTHWEST FISHERIES SCIENCE CENTER P.O. BOX 271 LA JOLLA, CA 92038

SEPTEMBER 1996

Library
NOAA, National Marine Fisheries Service
SWFC Honolulu Laboratory F/SWC2
2570 Dole Street
Honolulu, HI 96822-2396

ESTIMATES OF CETACEAN ABUNDANCE IN EEZ WATERS OF THE EASTERN TROPICAL PACIFIC

By

TIM GERRODETTE and DANIEL M. PALACIOS

English and Spanish Translations

ADMINISTRATIVE REPORT LJ-96-10

This Administrative Report is issued as an informal document to ensure prompt dissemination of preliminary results, interim reports and special studies. We recommend that it not be abstracted or cited.

ESTIMATES OF CETACEAN ABUNDANCE IN EEZ WATERS OF THE EASTERN TROPICAL PACIFIC

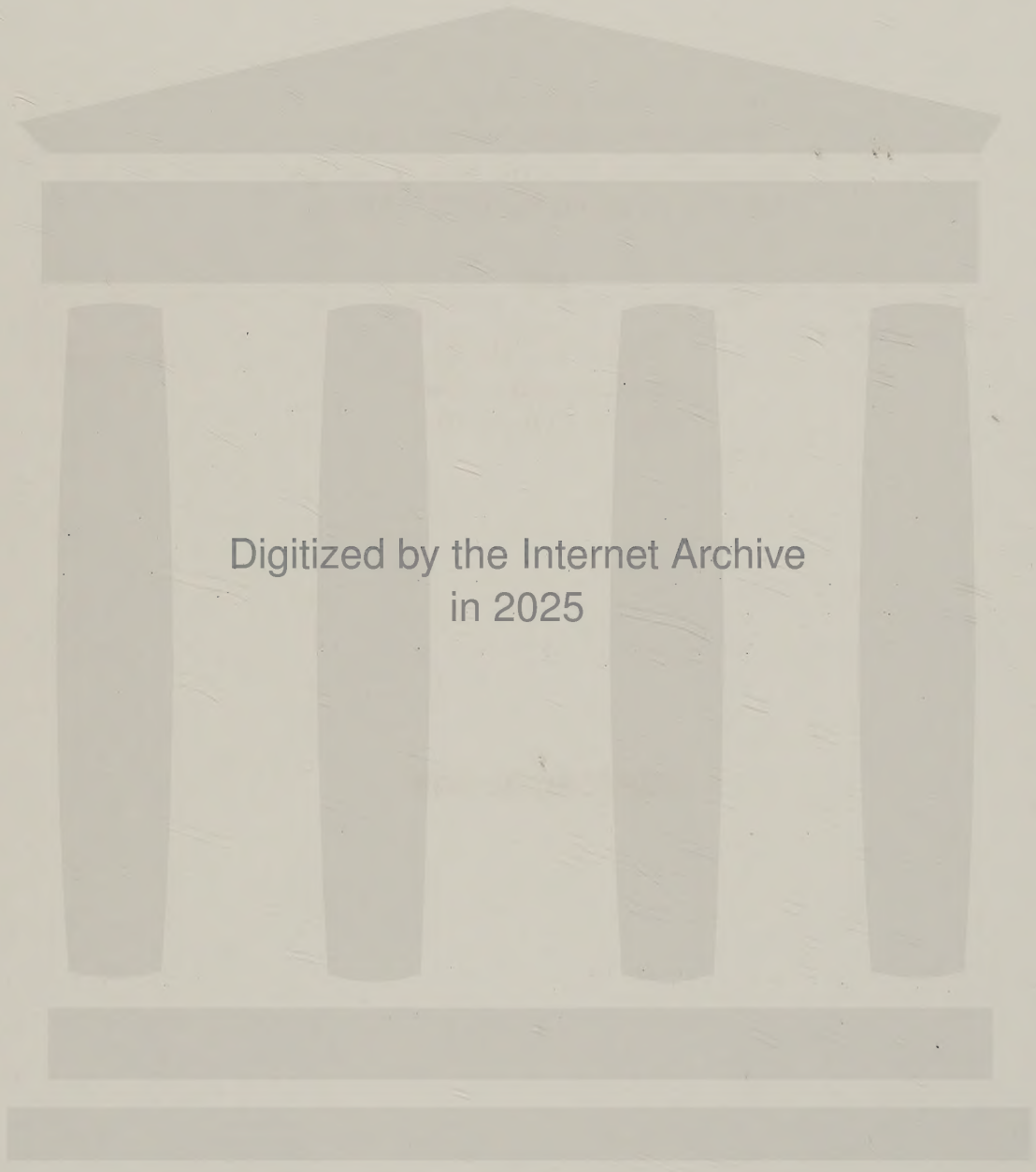
Tim Gerrodette
Southwest Fisheries Science Center
National Marine Fisheries Service, NOAA
La Jolla, California 92038-0271 U.S.A.

and

Daniel M. Palacios
Apartado Aéreo 59440
Bogotá, COLOMBIA

SEPTEMBER 1996

ADMINISTRATIVE REPORT LJ-96-10



Digitized by the Internet Archive
in 2025

https://archive.org/details/administrative-report-lj_1996-09_10

ABSTRACT

Seven study areas were defined based on the Exclusive Economic Zone Pacific waters of Mexico, Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica, Panama, Colombia and Ecuador. Abundances of the most common cetaceans within these jurisdictional waters were estimated using line-transect methods based on ship surveys that took place from July to December between 1986 and 1993. In general, during the months of the surveys cetaceans were most abundant and diverse at the northwest range of the study areas (Mexican Pacific and Gulf of California). Abundance and diversity decreased toward the southeast, reaching lowest values off Ecuador. The composition of the cetacean fauna by body size showed broad patterns of similarity among countries. Numbers of dolphins of the genera *Stenella*, *Delphinus*, and *Tursiops* ranged from tens to hundreds of thousands. The short-beaked common dolphin (*D. delphis*) was the most abundant cetacean in each country except Colombia. Estimates of abundance for small whales, such as short-finned pilot whales (*Globicephala macrorhynchus*) and beaked whales of the genera *Ziphius* and *Mesoplodon*, were in the thousands, while estimates for rorquals (*Balaenoptera edeni*, *B. physalus* and *B. musculus*) were in the tens to hundreds of animals. Sperm whale (*Physeter macrocephalus*) estimates ranged from 300 to 3,000, and were an order of magnitude greater than the estimated numbers of rorquals.

INTRODUCTION

Although general patterns of cetacean distribution in Latin America are known, no studies have been undertaken to estimate population sizes in the national waters of any of the countries bordering the eastern tropical Pacific (ETP). Estimates of cetacean abundance for the entire ETP were given in Wade and Gerrodette (1993). In this paper, we use data collected between 1986 and 1993 in the ETP to estimate the abundance of cetaceans in the jurisdictional (Exclusive Economic Zone, or EEZ) waters of countries in the ETP from Mexico to Ecuador.

MATERIALS AND METHODS

Study areas

The areas considered for the present study comprise the jurisdictional waters in the Pacific Ocean of countries from Mexico to Ecuador. By definition, the jurisdictional waters extend to the outer boundary of the EEZ claimed by each country, i.e. the 200 nautical mile limit from the baselines that are used to define the territorial sea by International Law of the Sea agreements (Churchill and Lowe, 1988). Whenever possible, we used the series 'Limits in the Seas'[1] to find the maritime political boundaries between countries. In the case of Colombia, we used DIMAR (1988). We also used the chart by Ross and Landry (1986) as a general reference to the shapes of the EEZs.

---

[1] 'Limits in the Seas' is published by the US Department of State, Bureau of Oceans and International Environmental and Scientific Affairs, Washington, DC 20520, USA.

Except for the case of Panama (and Colombia, for which we had an additional source), the complete EEZ areas were not outlined in 'Limits in the Seas,' which only provided the maritime boundary line between two adjacent countries. Therefore, we obtained a series of headland points along the coasts from nautical charts (Appendix 1) and computed series of points describing arcs with a 200nmi radius around each headland point. The arcs were joined at the intersecting points and thus we obtained a series of arcs defining the outer limit of the EEZs (Figs. 1 and 2). This procedure may not represent exact EEZ boundaries, because additional methods may be used to determine the base lines according to the specific contour of the coast (see Churchill and Lowe, 1988), but these differences are not likely to affect our estimates significantly.

For the purposes of this study, we defined seven strata: Mexico [with separate strata for the Pacific Ocean and the Gulf of California (Fig. 1)], 'Central America,' Costa Rica, Panama, Colombia and Ecuador (Fig. 2). The Mexican EEZ was divided into two strata because the Gulf of California is a distinct region and because the Gulf was sampled more intensively than the outer coast (Table 1). There was some survey effort in the waters of northern Peru, but insufficient to produce estimates of abundance. We did not include the separate area of water within 200nmi of the Galapagos Islands, which belong to Ecuador. We combined the jurisdictional waters of Guatemala, El Salvador, Honduras and Nicaragua into one larger area we called 'Central America' (Fig. 2). This was in part because we were unable to locate the maritime boundaries for these countries (some of them are still in dispute), and also because some of them had areas too small for abundance estimates to be meaningful. For the offshore boundaries between Costa Rica and 'Central America' and between Costa Rica and the Galapagos Islands (not included here), we followed the chart of Ross and Landry (1986).

The area of each stratum was calculated using an algorithm which accounts for the curvature of the earth. The surface water area was calculated as the total area less the surface area of major islands. The area of Mexico was by far the largest of the EEZ areas (Table 1).

Survey methods

The surveys were conducted from late July to early December of each year from 1986 to 1990, with additional surveys from July to November in 1992 and 1993. Searching by a team of three observers took place from the flying bridge, 11m above sea level, on two 52m research vessels, the *McArthur* and the *David Starr Jordan*, following random predetermined tracklines throughout the ETP (Figs. 1 and 2). Angle and radial distance to each sighting were recorded, and group size was estimated independently by the three observers. Wade and Gerrodette (1993) describe survey methodology in more detail. The surveys were originally designed to assess dolphin populations affected by the offshore ETP tuna purse-seine fishery, so that sampling in EEZ waters was a subset of the total sampling effort (Figs. 1 and 2).

Considerations on stock and species identity

For some cetacean species in the ETP such as the pantropical spotted dolphin (*Stenella attenuata*), spinner dolphin (*S. longirostris*) and short-beaked common dolphin (*Delphinus*

delphis), several stocks or subspecies have been recognized (Dizon *et al.*, 1994). Population abundances for most of these stocks were estimated by Wade and Gerrodette (1993). Our purpose here was to provide a single estimate of abundance per species per country, and thus we did not stratify the sightings by stock, although more than one stock may occur in a given country's waters.

In the category Ziphiidae we included small whales of the genera *Ziphius* and *Mesoplodon*. The estimates for Bryde's whale (*Balaenoptera edeni*) were made by combining the positive sightings of this species with sightings which were identified as either Bryde's or sei whales (*B. borealis*), because the latter rarely occurs in these waters. The long-beaked common dolphin (*D. capensis*) was recognized as a separate species from the short-beaked form (Heyning and Perrin, 1994) during the period covered by these surveys. Because earlier sightings did not reliably distinguish the two species, estimates for *D. capensis* in Mexico were based on 1993 data only. Sightings that could not be identified to species were placed in broader sighting categories such as 'unidentified dolphin' or 'large whale' (Table 2).

The abundance of the vaquita (*Phocoena sinus*), found only in the upper Gulf of California, is considered in detail by Barlow *et al.* (in press) and is therefore only mentioned in Table 4 and Appendix 3.

Abundance estimation

Density and abundance were estimated by standard line-transect methods (Burnham *et al.*, 1980; Hiby and Hammond, 1989; Buckland *et al.*, 1993), using the effort and sightings which occurred within each stratum. Density $\hat{D}_{ij}$ and abundance $\hat{N}_{ij}$ of species i in stratum j were estimated by

$$\hat{D}_{ij} = \frac{n_{ij}}{L_j} \frac{\hat{f}_i(0)}{2} \frac{\hat{E}(S_i)}{g_i(0)} ,$$

$$\hat{N}_{ij} = \hat{D}_{ij} A_j ,$$

where
n_{ij} = number of sightings of species i in stratum j,
L_j = search effort (transect length) in stratum j,
$\hat{f}_i(0)$ = estimated value of the sighting probability density function evaluated at zero distance for species i,
$g_i(0)$ = fraction of occurrences of species i directly on the trackline which are detected,
$\hat{E}(S_i)$ = estimated mean group size of species i, and
A_j = area of the EEZ for stratum j.

Thus, the detection function and mean school size for each species were estimated from data in all strata, while encounter rate was computed for each stratum separately. Estimates of density, abundance, and associated confidence intervals were obtained using the computer program '*DISTANCE*' (Laake *et al.*, 1993). Effort and sightings in Beaufort conditions 0 to 5 were utilized, except for ziphiid whales, which used sightings in Beaufort 0-2 only as explained below. Mean school size was estimated by regressing the logarithm of school size on the detection function $g(x)$, using the bias-corrected estimate if the slope of the regression line was significant at the α=0.15 level. Hazard, half-normal and uniform key functions with cosine adjustment functions were fit to the perpendicular distance distributions of each species or sighting category, with 10% truncation of the most distant sightings (Buckland *et al.*, 1993). Sightings of rorquals [blue (*B. musculus*), fin (*B. physalus*), and Bryde's whales] were combined to estimate a common detection function. The model with the lowest Akaike Information Criterion (AIC) value was selected, except in a few cases where the function was judged to be too peaked near zero. We assumed that all schools on the trackline were detected [$g(0)$=1] except for ziphiid whales. Barlow and Sexton (in press) have recently developed a simulation model based on dive intervals and observer searching behavior to estimate $g(0)$ for long-diving whales. They concluded that for the sighting methods used during these surveys, $g(0)$ for sperm whales (*Physeter macrocephalus*) would approach unity but would be substantially less for *Kogia*, *Mesoplodon* and *Ziphius*. Our sighting category 'Ziphiidae' included approximately equal number of sightings of *Ziphius cavirostris* and *Mesoplodon* spp., so we used $g(0)$=0.20 (CV=0.43), the mean value for these two categories estimated by Barlow and Sexton in Beaufort 0-2 conditions. Variances for encounter rates and school sizes were estimated empirically from the data, using one day's effort as a sample, while variances of the $\hat{f}_i(0)$'s were computed by maximum likelihood estimation. Confidence intervals assumed a log-normal distribution.

Abundance was estimated for all sighting categories in Table 2, including the five unidentified categories at the bottom of the table. Abundance estimates of unidentified sightings were then distributed among the appropriate species categories in proportion to estimates of abundance of each identified species category within each stratum. Thus, the final estimate of abundance for species *i* within a stratum was calculated as

$$\hat{N}_i = \hat{N}_{0,i} + \frac{\hat{N}_{0,i}}{\sum_{j=1}^{k} \hat{N}_{0,j}} \hat{N}_{unid},$$

where $\hat{N}_{0,i}$ = estimated abundance of species *i* using only identified sightings of species *i*, and $\hat{N}_{unid}$ = estimated abundance of an unidentified sighting category which includes *k* species, *i* among them. The variance of the combined estimate was estimated as the sum of the variances of the identified and unidentified abundance estimates.

Abundance was estimated for species with a sufficient number of sightings in EEZ waters to estimate the detection function (Table 2). The abundances of identified but less common species were not estimated. A complete list of the number of sightings and identified species in each area is provided in Appendices 2-8. These appendices include both on- and off-effort sightings, and therefore the number of sightings do not correspond with the numbers in Table 2. The appendices also identify sightings to subspecies when possible. The lists of sightings will be useful for countries wishing to know the relative occurrence of confirmed species in their waters.

RESULTS AND DISCUSSION

Total transect effort in EEZ waters was 54,161km. Effort within each stratum ranged from 25,356 to 1,164km, with effort approximately proportional to each EEZ area except for Ecuador, which was sampled less intensively (Table 1). Search effort was reasonably well distributed spatially within each stratum, again except for the northern part of Ecuadorian waters (Figs. 1 and 2). There was some concentration of effort near ports used to re-fuel and re-provision the ships. The values of n, L, $\hat{f}(0)$, $\hat{E}(S)$, and A used to estimate density and abundance are given in Tables 1 and 2. The lowest AIC model selection procedure chose the hazard-rate model with 1 or 2 cosine adjustment terms for most species. Estimated mean group size $\hat{E}(S)$ by the log regression method was less than the observed mean group size $\bar{S}$ in most cases (Table 2), indicating that smaller groups tend to be missed (not detected) at greater distances from the vessel.

Estimates of density and abundance for the most common species in each stratum, with 95% log-normal confidence intervals for abundance, are shown in Tables 3-9 and Figures 3-9. These tables show the estimates of abundance based only on identified sightings of that species, $\hat{N}_0$, as well as the final estimates of abundance $\hat{N}$, which include the apportioned unidentified sightings. The apportionment of the unidentified sightings increased the initial estimates of abundance by approximately 2-10% for most species, but substantially more for the rorquals.

In general, species had similar patterns of abundance among countries. The smaller dolphins of the genera *Stenella* and *Delphinus* had the highest numbers, from tens to hundreds of thousands; the larger dolphins [bottlenose (*Tursiops truncatus*), Risso's (*Grampus griseus*) and rough-toothed dolphins (*Steno bredanensis*)] and the medium-sized cetaceans [short-finned pilot whales (*Globicephala macrorhynchus*) and the ziphiids] had intermediate abundances, from thousands to tens of thousands; and the rorquals had the lowest abundances, from tens to hundreds of animals. Sperm whale abundance in most strata was an order of magnitude greater than rorqual abundance during the months of these surveys, and ranged from approximately 300 to 3,000. Short-beaked common dolphins were the most abundant cetaceans in each stratum except Colombia, although long-beaked common dolphins predominated in the Gulf of California.

Seasonal and interannual oceanographic variability may have affected our estimates of density and abundance, as some species change their distribution in response to changes in the

spatial distribution of their habitats (Fiedler and Reilly, 1994; Reilly and Fiedler, 1994). However, because we combined data over several years under a variety of oceanographic conditions, these estimates can be considered estimates of average abundance for the period of the study. Because there was less sampling effort in the very nearshore areas, species with coastal habits may be under-represented in our estimates. The estimation of $f(0)$ and group size over all strata assumes that sighting conditions and group size did not differ among strata. Other factors that may affect line-transect estimates of cetacean abundance are discussed in Hiby and Hammond (1989) and Wade and Gerrodette (1993).

The variation in numbers of a given species among countries is in part due to the different sizes of the jurisdictional waters, but also to patterns of cetacean distribution that are correlated with oceanographic features that operate on larger scales (Au and Perryman, 1985; Reilly, 1990; Reilly and Thayer, 1990; Reilly and Fiedler, 1994). In addition, some species [the long-beaked common dolphin and Central American spinner dolphin (*S. l. centroamericana*)] are endemic to small ranges within the ETP; and some others (e.g. blue and fin whales), are only present in countries whose waters are part of their migrations during the months of the surveys. In general, however, there was a decreasing trend in cetacean density and diversity from the northwest part of the study area (Mexican Pacific and Gulf of California) toward the southeast, reaching the lowest abundances and diversity off Ecuador.

EEZ boundaries do not correspond to natural stock or species areas. Defining actual population units is a difficult task utilizing genetic, demographic, distributional and morphological information (Dizon *et al.*, 1992). Our purpose here is to provide estimates on a country-by-country basis to assist national programs of marine resource management. The estimates provide a baseline against which future changes in cetacean population sizes may be measured. Changes in population size may be caused by environmental variation or by incidental mortality in fisheries. Concern has been raised about the number of small cetaceans taken incidentally in artisanal gillnets in the region (Bjørge *et al.*, 1994; Reyes and Oporto, 1994; Vidal *et al.*, 1994; Félix and Samaniego, 1994; IWC, 1995). Estimates of abundance allow the impact of incidental mortality on cetacean populations to be assessed (Palacios and Gerrodette, 1996).

ACKNOWLEDGMENTS

The sighting surveys reported here were funded by the US National Marine Fisheries Service (NMFS), and were carried out under permits issued by the governments of Mexico, Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica, Panama, Colombia and Ecuador. The cruises on which the data were collected involved many people over many years. We regret that we cannot acknowledge individually those responsible for the surveys, but we thank the marine mammal observers who stood the long hours of watch, the officers and crews of the *McArthur* and *David Starr Jordan* who provided the working platforms, and all other supporting personnel at the Southwest Fisheries Science Center (SWFSC), particularly our colleagues in the Marine Mammal Division. Ltjg. Alexandra Van Saunder assisted in obtaining EEZ boundary locations.

The manuscript benefited from comments by Jay Barlow (NMFS, SWFSC, P.O. Box 271, La Jolla, CA 92038, USA), William F. Perrin (NMFS, SWFSC), Brian D. Smith (Aquatic Biodiversity Associates, P.O. Box 283, Arcata, CA 95521, USA) and Paul R. Wade (NMFS, National Marine Mammal Laboratory, 7600 Sand Point Way, Seattle, WA 98115, USA).

REFERENCES

Au, D.W.K. and Perryman, W.L. 1985. Dolphin habitats in the eastern tropical Pacific. *Fish. Bull., US* 83(4):623-43.

Barlow, J., Gerrodette, T., and Silber, G. In press. First estimates of vaquita abundance. *Mar. Mammal Sci.* 13.

Barlow, J. and Sexton, S. In press. The effect of diving and searching behavior on the probability of detecting track-line groups, g_0, of long-diving whales during line-transect surveys. *Southwest Fisheries Science Center Administrative Report.* 20 pp.

Bjørge, A., Brownell Jr, R.L., Donovan, G.P. and Perrin, W.F. 1994. Significant direct and incidental catches of small cetaceans. *Rep. int. Whal. Commn* (special issue 15):76-126.

Buckland, S.T., Anderson, D.R., Burnham, K.P. and Laake, J.L. 1993. *Distance Sampling: Estimating Abundance of Biological Populations*. Chapman and Hall, London. 446pp.

Burnham, K.P., Anderson, D.R. and Laake, J.L. 1980. Estimation of density from line transect sampling of biological populations. *Wildlife Monographs* 72:1-202.

Churchill, R.R. and Lowe, A.V. 1988. *The Law of the Sea.* Manchester University Press, Manchester, UK. 370pp.

DIMAR (Dirección General Marítima y Portuaria de Colombia). 1988. Jurisdicción de la Dirección General Marítima y Portuaria. *Boletín Informativo* No. 2:1-3.

Dizon, A.E., Lockyer, C., Perrin, W.F., DeMaster, D.P. and Sisson, J. 1992. Rethinking the stock concept: a phylogeographic approach. *Cons. Biol.* 6:24-36.

Dizon, A.E., Perrin, W.F. and Akin, P.A. 1994. Stocks of dolphins (*Stenella* spp. and *Delphinus delphis*) in the eastern tropical Pacific: a phylogeographic classification. *NOAA Tech. Rep. NMFS* 119:1-20.

Félix, F. and Samaniego, J. 1994. Incidental catches of small cetaceans in the artisanal fisheries of Ecuador. *Rep. int. Whal. Commn* (special issue 15):475-80.

Fiedler, P.C. and Reilly, S.B. 1994. Interannual variability of dolphin habitats in the eastern tropical Pacific. II: Effects on abundances estimated from tuna vessel sightings. *Fish. Bull., US* 92:451-63.

Heyning, J.E. and Perrin, W.F. 1994. Evidence for two species of common dolphins (genus *Delphinus*) from the eastern north Pacific. *Nat. Hist. Mus. Los Angeles Co., Contr. Sci.* 442:1-35.

Hiby, A.R. and Hammond, P.S. 1989. Survey techniques for estimating abundance of cetaceans. *Rep. int. Whal. Commn* (special issue 11):47-80.

International Whaling Commission. 1995. Report of the Scientific Committee, Annex G. Report of the Sub-Committee on Small Cetaceans. *Rep. int. Whal. Commn* 45:165-84.

Laake, J.L., Buckland, S.T., Anderson, D.R. and Burnham, K.P. 1993. *DISTANCE User's Guide*. Version 2.2. Colorado Cooperative Fish and Wildlife Research Unit, Colorado State University, Fort Collins, CO 80523. 84pp.

Palacios, D. M. and Gerrodette, T. 1996. Potential impact of artisanal gillnet fisheries on small cetacean populations in the eastern tropical Pacific. *Southwest Fisheries Science Center Administrative Report* LJ-96-11. 16 pp.

Reilly, S.B. 1990. Seasonal changes in distribution and habitat differences among dolphins in

the eastern tropical Pacific. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 66:1-11.
Reilly, S.B. and Fiedler, P.C. 1994. Interannual variability of dolphin habitats in the eastern tropical Pacific. I: Research vessel surveys, 1986-1990. *Fish. Bull., US* 92:434-50.
Reilly, S.B. and Thayer, V.G. 1990. Blue whale (*Balaenoptera musculus*) distribution in the eastern tropical Pacific. *Mar. Mammal Sci.* 6(4):265-77.
Reyes, J.C. and Oporto, J.A. 1994. Gillnet fisheries and cetaceans in the Southeast Pacific. *Rep. int. Whal. Commn* (special issue 15):467-74.
Ross, D.A. and Landry, T.A. 1986. *Marine Scientific Research Boundaries*. International Marine Science Cooperation Program. Woods Hole Oceanographic Institution, Woods Hole, MA 02543, USA. (Chart).
Vidal, O., Van Waerebeek, K. and Findley, L.T. 1994. Cetaceans and gillnet fisheries in Mexico, Central America and the Wider Caribbean: a preliminary review. *Rep. int. Whal. Commn* (special issue 15):221-33.
Wade, P.R. and Gerrodette, T. 1993. Estimates of cetacean abundance and distribution in the eastern tropical Pacific. *Rep. int. Whal. Commn* 43:477-93.

Table 1. Surface area, search effort (transect length), and relative effort index for the strata shown in Figures 1 and 2.

Stratum	EEZ area (A), in sq. km.	Effort (L), in km.	Relative effort, L/A*100
Mexico, Pacific Ocean	2,054,102	25,356	1.23
Mexico, Gulf of California	262,125	4,377	1.67
'Central America'	323,013	5,251	1.63
Costa Rica	475,737	8,465	1.78
Panama	188,045	3,692	1.96
Colombia	329,492	5,856	1.78
Ecuador	229,863	1,164	0.51
Total	3,862,377	54,161	1.40

Table 2. For each species or sighting category, the number of sightings (n*) on which estimates of $\hat{f}(0)$ (in km^{-1}), mean school size ($\bar{S}$), and expected school size [$\hat{E}(S)$] are based, and the number of on-effort sightings (n) in each stratum.

					---------- Number of on-effort sightings (n) ----------						
Species / sighting category	**n***	$\hat{f}(0)$	$\bar{S}$	$\hat{E}(S)$	**Mexico, Ocean**	**Mexico, Gulf**	**'Central America'**	**Costa Rica**	**Panama**	**Colombia**	**Ecuador**
Stenella attenuata	324	0.31	105.6	60.6	186	42	49	16	22	7	1
Stenella longirostris	186	0.28	123.4	123.4	130	22	22	10	3	0	0
Stenella coeruleoalba	319	0.50	49.3	41.2	133	14	38	61	22	42	8
Delphinus capensis	144	0.45	306.4	210.8	6	22	0	0	0	0	1
Delphinus delphis	216	0.41	277.8	200.6	103	38	26	22	11	5	11
Steno bredanensis	89	1.69	11.4	9.7	49	13	8	7	3	9	0
Tursiops truncatus	298	1.15	21.7	13.7	87	75	63	28	25	16	4
Grampus griseus	147	1.31	16.1	9.8	45	44	11	21	7	19	0
Globicephala macrorhynchus	79	0.63	16.1	16.1	8	13	12	30	11	4	3
Ziphiidae	148	0.91	2.1	1.8	53	29	14	22	13	15	3
Physeter macrocephalus	117	0.25	7.8	7.8	33	7	5	23	19	22	6
Balaenoptera edeni	154	0.48	1.8	1.8	17	13	2	8	3	3	0
Balaenoptera physalus	154	0.48	2.9	2.9	1	19	0	0	0	0	0
Balaenoptera musculus	154	0.48	1.5	1.3	22	0	4	2	0	0	0
Unidentified dolphins	448	0.40	21.6	7.6	184	49	63	69	35	39	9
Unidentified small whales	61	0.72	1.8	1.8	33	3	9	5	4	5	2
Unidentified large whales	46	0.22	1.3	1.3	17	8	4	10	3	2	2
Unidentified whales	49	0.21	1.6	1.6	22	0	2	9	13	3	1
Unidentified cetaceans	44	0.67	1.6	1.3	15	10	4	9	4	0	1

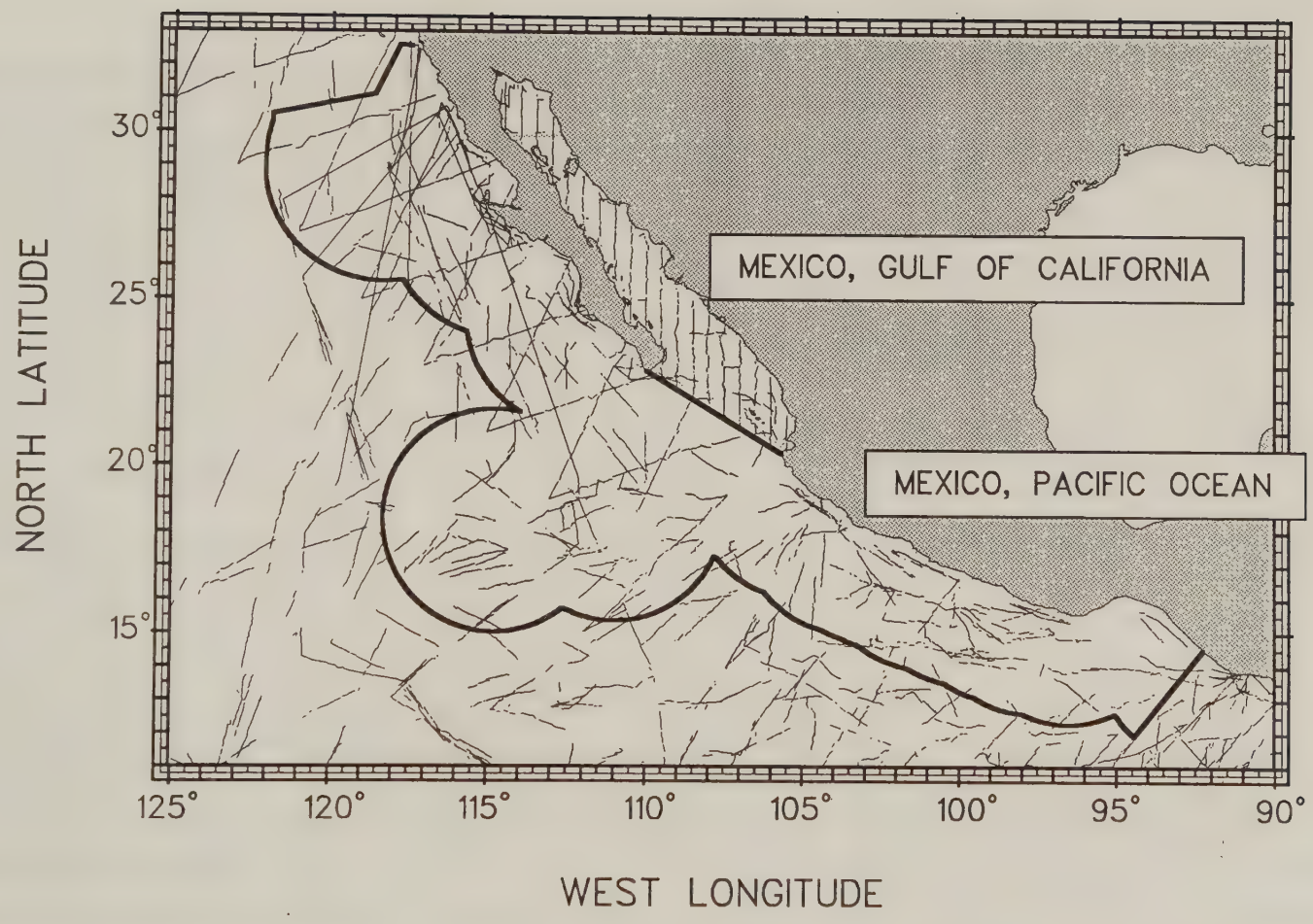


Figure 1. Exclusive Economic Zone (EEZ) boundaries (thick lines) and line-transect search effort (thin lines) for the Pacific Ocean and Gulf of California strata in Mexican waters.

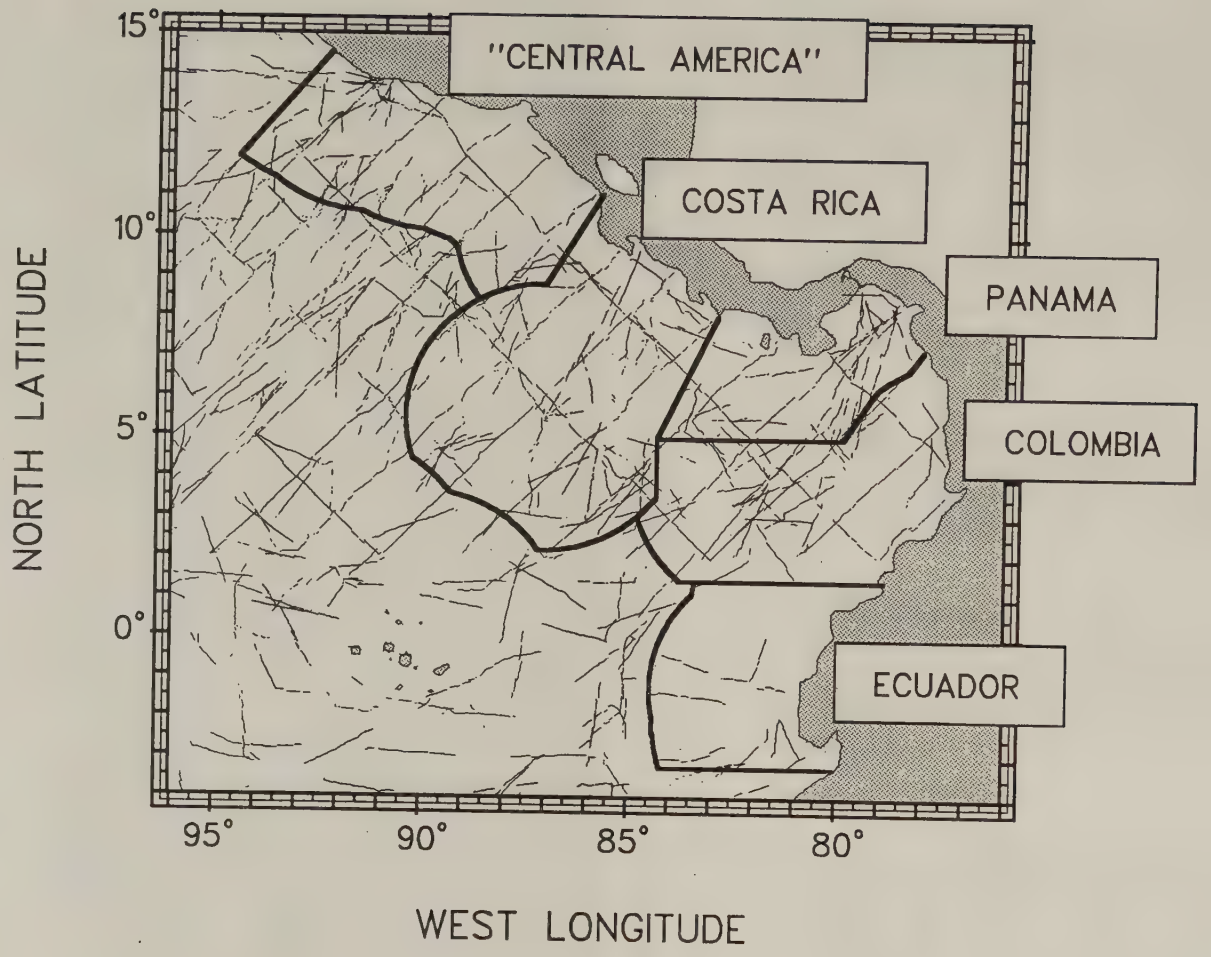


Figure 2. Exclusive Economic Zone (EEZ) boundaries (thick lines) and line-transect search effort (thin lines) for 'Central America,' Costa Rica, Panama, Colombia and Ecuador.

Table 3. Estimates of cetacean abundance (N) and density (D) for Mexico, Pacific Ocean, with lower (N_{low}) and upper (N_{up}) limits of the 95% confidence intervals. The estimate N_0 does not include unidentified sightings. Density is given in number of animals per 1,000km^2.

SPECIES	N_0	N	N_{low}	N_{up}	D
Stenella attenuata	142,190	146,296	102,489	208,827	71.22
Stenella longirostris	181,660	186,906	130,550	267,589	90.99
Stenella coeruleoalba	125,250	128,867	90,632	183,232	62.74
Delphinus capensis	38,916	55,112	24,324	124,872	26.83
Delphinus delphis	199,970	283,196	190,352	421,323	137.87
Steno bredanensis	36,458	37,511	17,893	78,635	18.26
Tursiops truncatus	59,809	61,536	39,052	96,965	29.96
Grampus griseus	23,408	24,084	13,726	42,259	11.72
Globicephala macrorhynchus	3,266	3,348	1,447	7,746	1.63
Ziphiidae	67,149	68,828	27,518	172,156	33.51
Physeter macrocephalus	2,660	2,810	1,735	4,551	1.37
Balaenoptera edeni	471	649	361	1,167	0.32
Balaenoptera physalus	105	145	27	775	0.07
Balaenoptera musculus	561	773	396	1,510	0.38

Figure 3. Estimates of cetacean abundance for Mexico, Pacific Ocean.

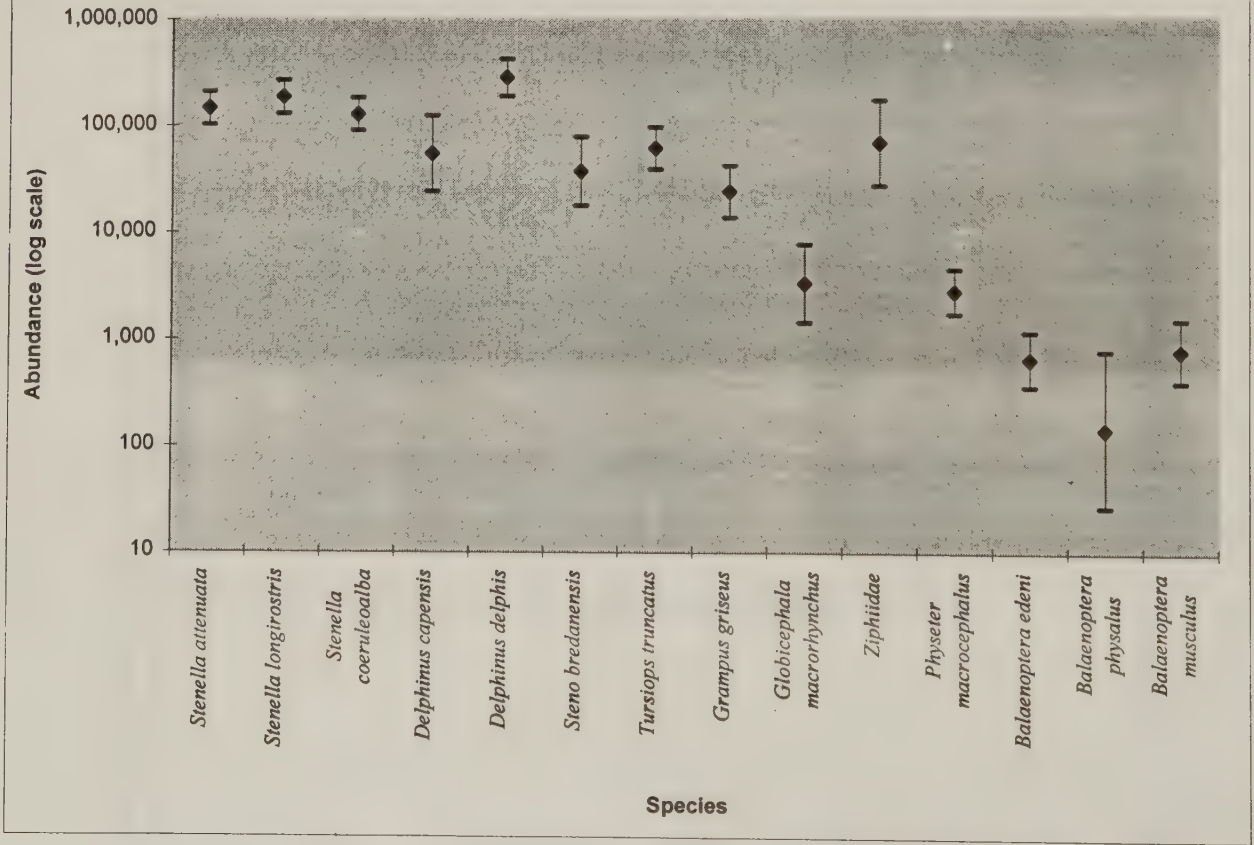


Table 4. Estimates of cetacean abundance (N) and density (D) for Mexico, Gulf of California, with lower (N_{low}) and upper (N_{up}) limits of the 95% confidence intervals. The estimate N_0 does not include unidentified sightings. Density is given in number of animals per 1,000 km^2.

SPECIES	N_0	N	N_{low}	N_{up}	D
Stenella attenuata	23,734	24,288	14,419	40,913	92.66
Stenella longirostris	22,724	23,255	12,411	43,572	88.72
Stenella coeruleoalba	8,642	8,844	3,314	23,603	33.74
Delphinus capensis	61,976	69,456	31,295	154,153	264.97
Delphinus delphis	28,681	32,143	14,287	72,316	122.62
Steno bredanensis	6,341	6,489	2,853	14,757	24.76
Tursiops truncatus	33,799	34,588	20,500	58,358	131.95
Grampus griseus	16,918	17,313	9,027	33,205	66.05
Globicephala macrorhynchus	3,923	3,954	1,591	9,829	15.09
Ziphiidae	13,104	13,208	4,997	34,912	50.39
Physeter macrocephalus	417	433	164	1,144	1.65
Balaenoptera edeni	564	952	435	2,085	3.63
Balaenoptera physalus	820	1,385	594	3,229	5.28
*Phocoena sinus**		224	106	470	

**Phocoena sinus* estimates from Barlow *et al.* (in press).

Figure 4. Estimates of cetacean abundance for Mexico, Gulf of California.

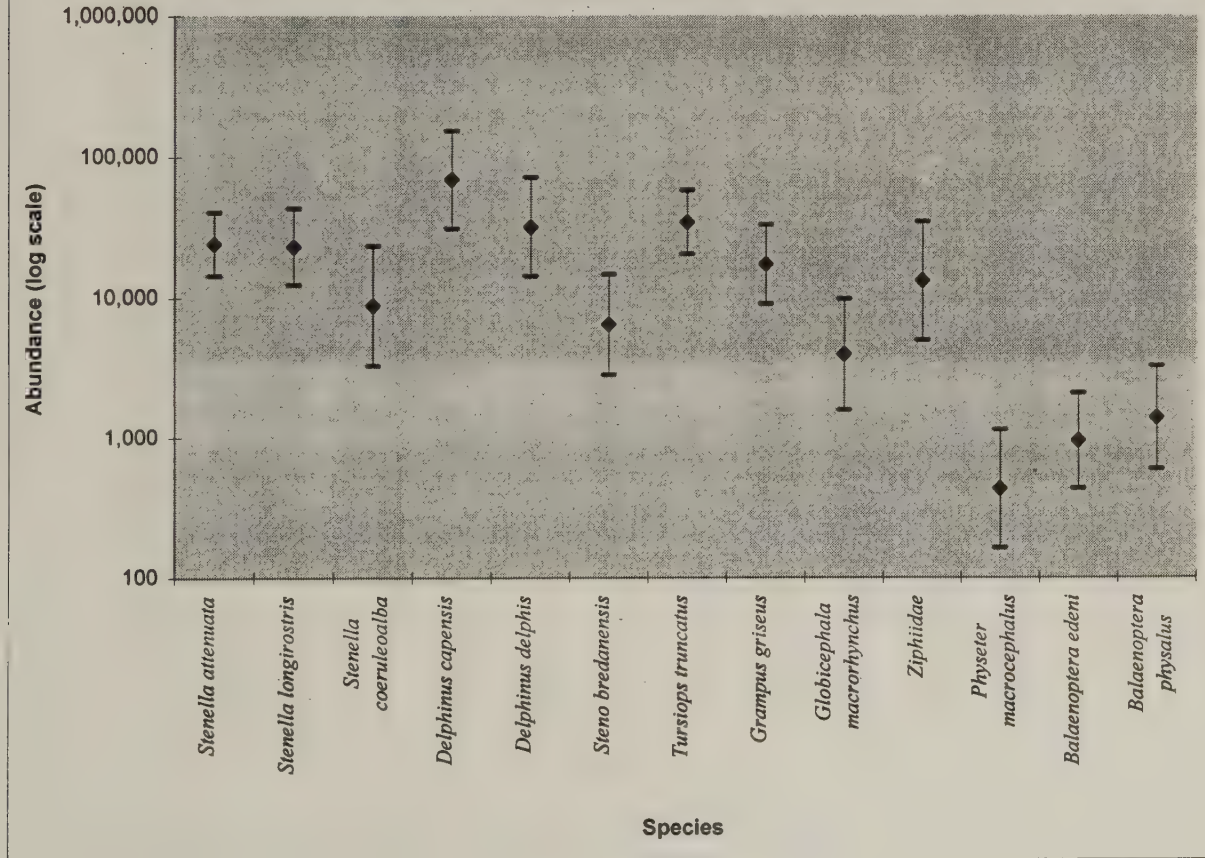


Table 5. Estimates of cetacean abundance (N) and density (D) for 'Central America', with lower (N_{low}) and upper (N_{up}) limits of the 95% confidence intervals. The estimate N_0 does not include unidentified sightings. Density is given in number of animals per 1,000 km^2.

SPECIES	N_0	N	N_{low}	N_{up}	D
Stenella attenuata	28,445	29,400	17,755	48,680	91.02
Stenella longirostris	23,344	24,127	14,107	41,265	74.69
Stenella coeruleoalba	24,098	24,907	12,924	47,999	77.11
Delphinus delphis	66,438	68,668	41,426	113,824	212.58
Steno bredanensis	4,008	4,143	1,970	8,709	12.82
Tursiops truncatus	29,165	30,144	19,035	47,737	93.32
Grampus griseus	4,345	4,491	2,021	9,979	13.90
Globicephala macrorhynchus	3,720	3,811	1,809	8,029	11.80
Ziphiidae	11,113	11,386	3,580	36,216	35.25
Physeter macrocephalus	306	333	125	890	1.03
Balaenoptera edeni	30	42	16	111	0.13
Balaenoptera musculus	67	94	34	257	0.29

Figure 5. Estimates of cetacean abundance for 'Central America'.

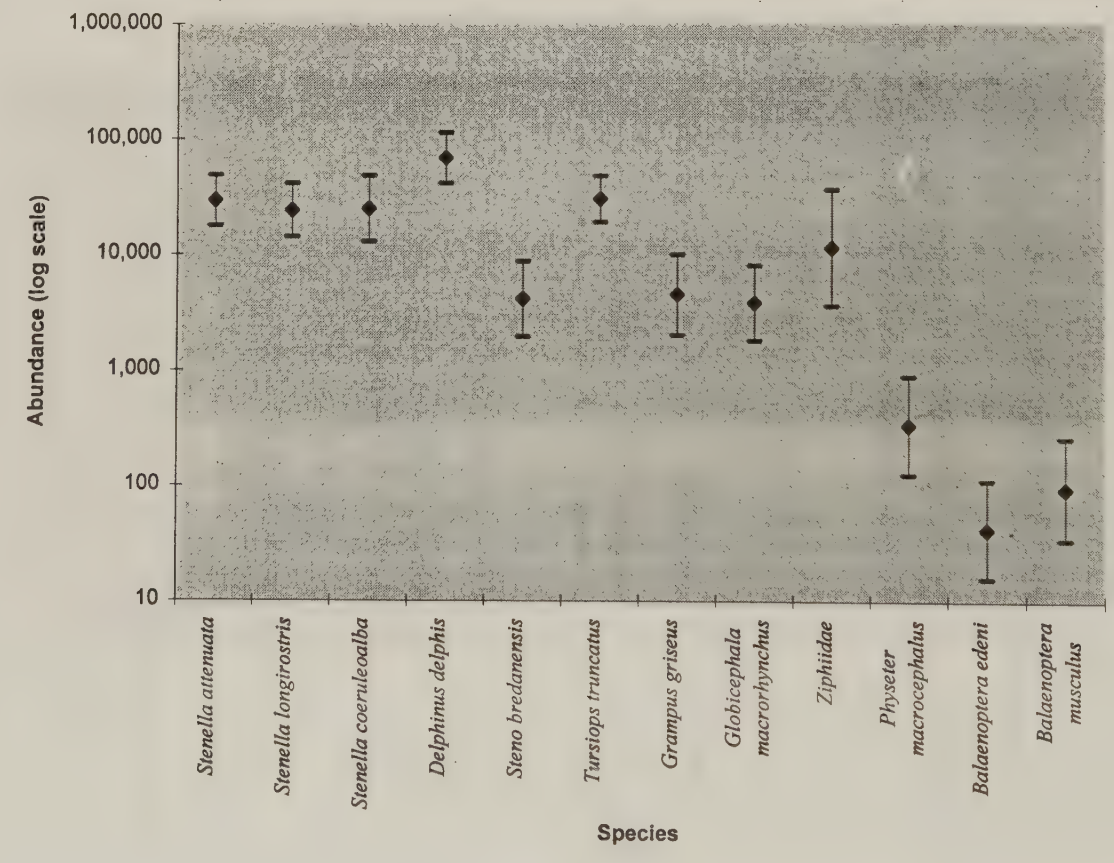


Table 6. Estimates of cetacean abundance (N) and density (D) for Costa Rica with lower (N_{low}) and upper (N_{up}) limits of the 95% confidence intervals. The estimate N_0 does not include unidentified sightings. Density is given in number of animals per 1,000 km^2.

SPECIES	N_0	N	N_{low}	N_{up}	D
Stenella attenuata	8,482	8,888	4,633	17,051	18.68
Stenella longirostris	9,690	10,154	5,102	20,210	21.34
Stenella coeruleoalba	35,326	37,018	25,627	53,471	77.81
Delphinus delphis	51,337	53,796	29,955	96,613	113.08
Steno bredanensis	3,203	3,356	1,496	7,532	7.06
Tursiops truncatus	11,837	12,404	6,716	22,910	26.07
Grampus griseus	7,575	7,938	4,243	14,851	16.69
Globicephala macrorhynchus	8,493	8,541	4,101	17,789	17.95
Ziphiidae	32,520	32,705	12,117	88,279	68.75
Physeter macrocephalus	1,286	1,360	823	2,248	2.86
Balaenoptera edeni	163	289	157	534	0.61
Balaenoptera musculus	27	48	22	102	0.10

Figure 6. Estimates of cetacean abundance for Costa Rica.

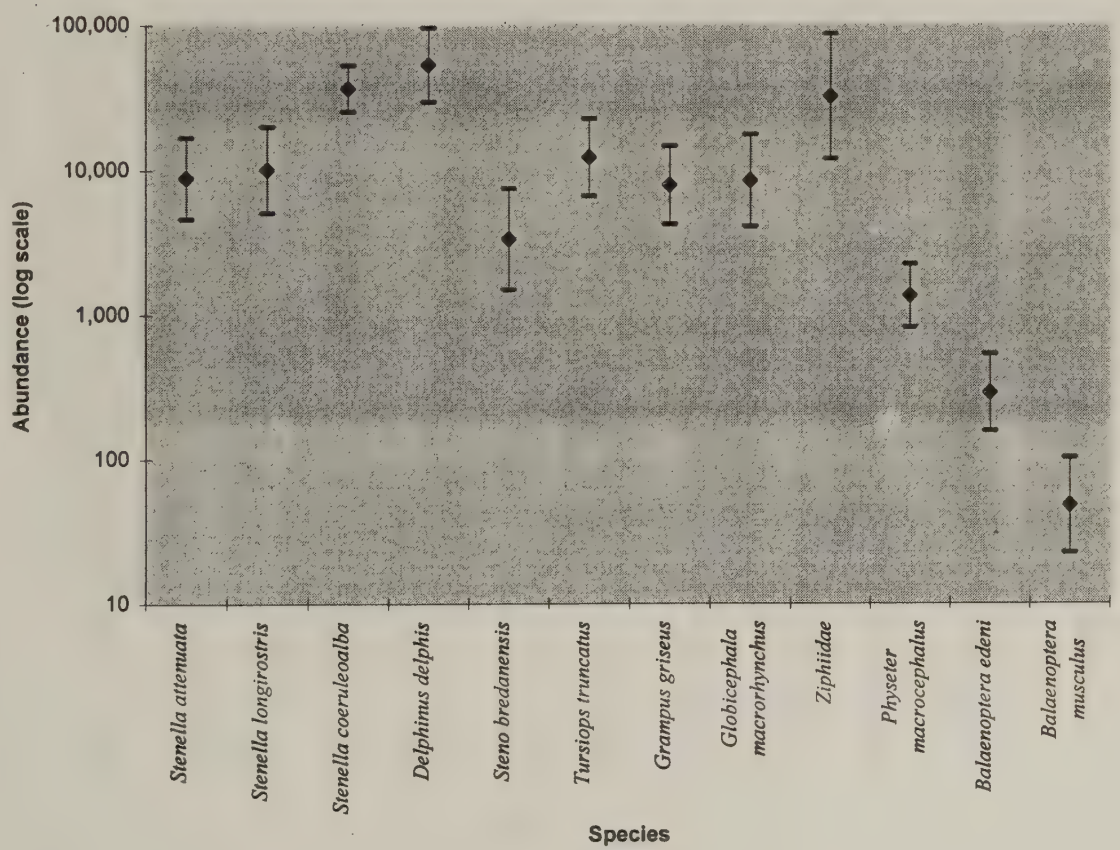


Table 7. Estimates of cetacean abundance (N) and density (D) for Panama with lower (N_{low}) and upper (N_{up}) limits of the 95% confidence intervals. The estimate N_0 does not include unidentified sightings. Density is given in number of animals per 1,000 km^2.

SPECIES	N_0	N	N_{low}	N_{up}	D
Stenella attenuata	10,574	11,058	5,781	21,152	58.81
Stenella longirostris	2,636	2,757	914	8,314	14.66
Stenella coeruleoalba	11,552	12,081	6,785	21,512	64.25
Delphinus delphis	23,273	24,339	12,857	46,074	129.43
Steno bredanensis	1,245	1,302	490	3,460	6.92
Tursiops truncatus	9,583	10,022	6,158	16,309	53.30
Grampus griseus	2,289	2,394	1,034	5,540	12.73
Globicephala macrorhynchus	2,823	2,850	1,386	5,857	15.15
Ziphiidae	12,985	13,108	4,148	41,417	69.70
Physeter macrocephalus	963	991	508	1,936	5.27
Balaenoptera edeni	49	62	20	193	0.33

Figure 7. Estimates of cetacean abundance for Panama.

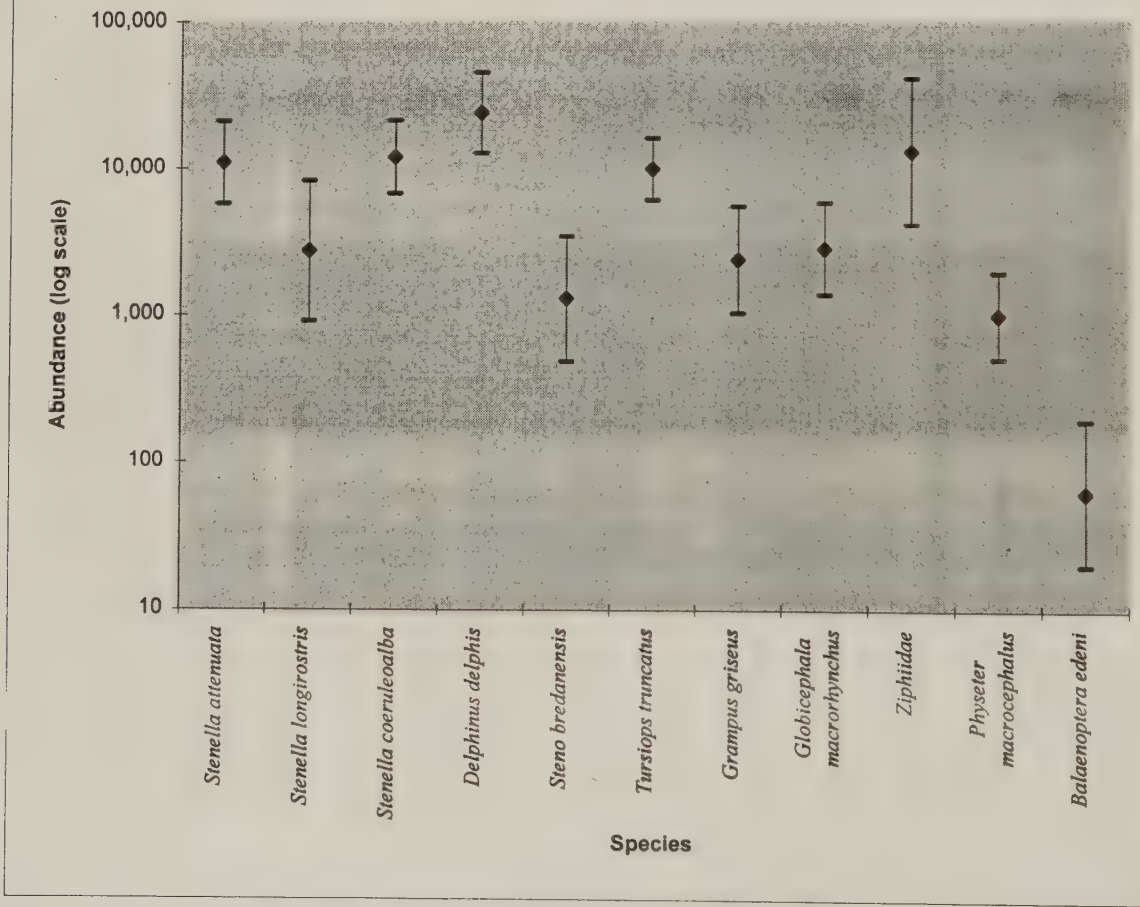


Table 8. Estimates of cetacean abundance (N) and density (D) for Colombia, with lower (N_{low}) and upper (N_{up}) limits of the 95% confidence intervals. The estimate N_0 does not include unidentified sightings. Density is given in number of animals per 1,000 km^2.

SPECIES	N_0	N	N_{low}	N_{up}	D
Stenella attenuata	3,717	3,934	1,755	8,820	11.94
Stenella coeruleoalba	24,362	25,785	17,324	38,379	78.26
Delphinus delphis	11,686	12,369	4,136	36,989	37.54
Steno bredanensis	4,125	4,366	1,869	10,200	13.25
Tursiops truncatus	6,775	7,171	3,548	14,493	21.76
Grampus griseus	6,865	7,266	3,599	14,668	22.05
Globicephala macrorhynchus	1,134	1,140	450	2,892	3.46
Ziphiidae	30,609	30,784	10,633	89,119	93.43
Physeter macrocephalus	1,232	1,248	643	2,422	3.79
Balaenoptera edeni	54	109	37	321	0.33

Figure 8. Estimates of cetacean abundance for Colombia.

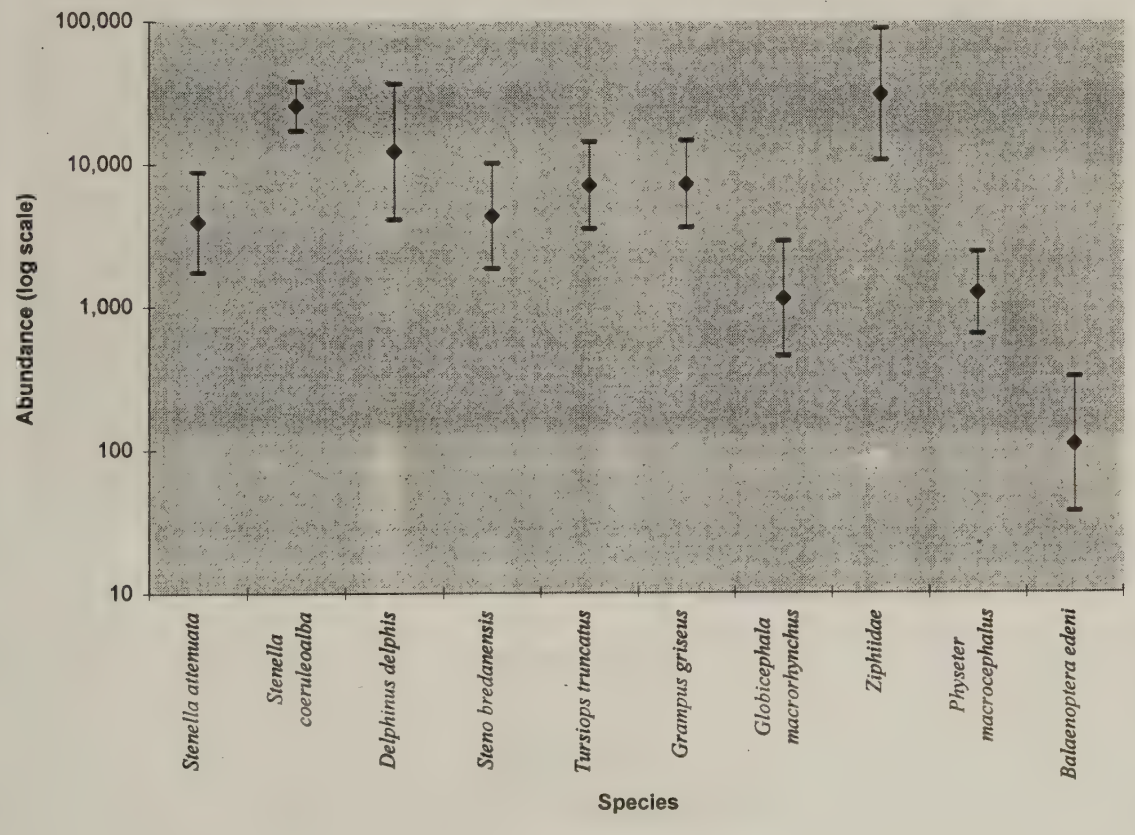
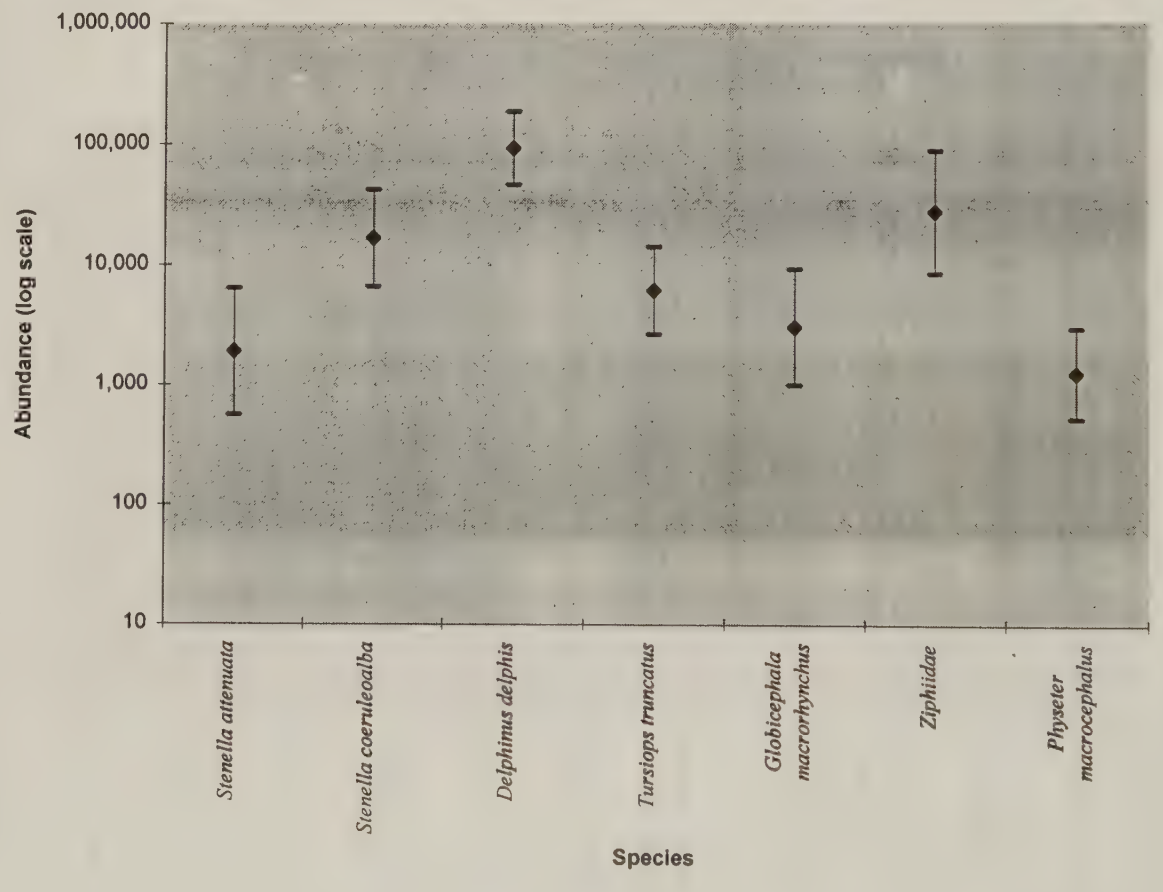


Table 9. Estimates of cetacean abundance (N) and density (D) for Ecuador, with lower (N_{low}) and upper (N_{up}) limits of the 95% confidence intervals. The estimate N_0 does not include unidentified sightings. Density is given in number of animals per 1,000 km^2.

SPECIES	N_0	N	N_{low}	N_{up}	D
Stenella attenuata	1,864	1,910	567	6,427	8.31
Stenella coeruleoalba	16,290	16,688	6,640	41,942	72.60
Delphinus delphis	90,256	92,459	46,005	185,822	402.24
Tursiops truncatus	5,946	6,091	2,638	14,065	26.50
Globicephala macrorhynchus	2,986	3,013	991	9,160	13.11
Ziphiidae	26,786	27,031	8,352	87,479	117.59
Physeter macrocephalus	1,179	1,237	522	2,929	5.38

Figure 9. Estimates of cetacean abundance for Ecuador.



Appendix 1. Headland points on the coasts of countries in the eastern tropical Pacific, from Ecuador to México, used as baseline points to determine the Exclusive Economic Zone (EEZ).

Latitude	Longitude	Point	Country
02°11'27" S	081°01'58" W	Punta Santa Elena	Ecuador
01°15'57" S	081°06'28" W	West point of Isla de La Plata	
00°49'58" N	080°06'57" W	Punta Galera	
03°58'58" N	081°34'58" W	Isla Malpelo	Colombia
05°31'30" N	087°01'58" W	Center of Isla del Coco	Costa Rica
07°10'01" N	080°31'01" W	Peninsula de Azuero	Panama
08°02'13" N	082°54'00" W	Punta de Burica	Panama
08°24'00" N	083°19'01" W	Peninsula de Osa	Costa Rica
10°21'14" N	085°52'30" W	Cabo Velas	
10°53'13" N	085°57'00" W	Cabo Santa Elena	
11°14'27" N	085°52'48" W	San Juan del Sur	Nicaragua
11°46'44" N	086°31'08" W	Masachapa	
12°28'30" N	087°11'27" W	Corinto	
12°54'28" N	087°41'27" W	Punta Consiguina	
13°09'14" N	087°54'00" W	Punta de Ampala	El Salvador
13°09'28" N	088°27'57" W	San Juan del Gozo	
13°31'08" N	089°48'14" W	Punta Remedios	
13°54'57" N	090°50'13" W	San Jose	Guatemala
13°57'14" N	091°19'19" W	Rio Coyolate	
14°30'14" N	092°11'42" W	El Gancho	
15°38'27" N	096°30'00" W	Puerto Angel	Mexico
15°57'00" N	097°42'00" W	Punta Galera	
16°18'28" N	098°33'00" W	Punta Maldonado	
16°48'57" N	099°49'30" W	Acapulco	
17°15'57" N	101°03'00" W	Morro de Papanoa	
17°36'57" N	101°33'00" W	Punta Ixtapa	
17°49'30" N	102°10'58" W	Punta Mangrove	
18°03'00" N	102°45'00" W	Bufadero	
18°19'58" N	103°30'00" W	Punta San Telmo	
19°21'57" N	105°00'57" W	Punta Farallon	
20°24'00" N	105°42'00" W	Cabo Corrientes	
21°41'16" N	106°39'39" W	Isla Maria Madre	
18°42'00" N	110°57'57" W	Isla Socorro, southernmost point	Revillagigedos (Mexico)
18°46'30" N	111°03'57" W	Isla Socorro, westernmost point	
18°21'28" N	114°45'57" W	Isla Clarión	
22°52'12" N	109°58'33" W	Cabo San Lucas	
24°25'58" N	112°01'58" W	Punta Redonda	Baja California (Mexico)
27°09'57" N	114°24'57" W	Punta San Pablo	
28°52'44" N	118°17'42" W	Isla Guadalupe, southern tip	
29°11'42" N	118°15'28" W	Isla Guadalupe, northern tip	

Appendix 2. Marine mammal species sighted within the EEZ waters of Mexico, Pacific Ocean, during the surveys (July-December 1986-1990, 1992 and 1993).

Species	Total No. of sightings	No. of mixed groups	Average group size
Stenella attenuata (offshore)	251	115	84.3
Stenella attenuata graffmani	8	1	19.6
Stenella longirostris orientalis	163	113	104.2
Stenella coeruleoalba	160	12	54.9
Delphinus capensis	74	6	201,9
Delphinus delphis	92	8	266.4
Steno bredanensis	70	14	8.2
Tursiops truncatus	163	50	17.7
Grampus griseus	73	22	14.9
Lagenorhynchus obliquidens	35	9	47.6
Feresa attenuata	13	4	20.8
Pseudorca crassidens	3	2	94.4
Globicephala macrorhynchus	15	8	11
Orcinus orca	15	0	3.7
Physeter macrocephalus	46	5	4.7
Kogia breviceps	8	0	1.4
Kogia simus	29	0	1.2
Ziphius cavirostris	18	0	1.9
Mesoplodon densirostris	1	0	1
Mesoplodon sp. A	13	0	1.8
Beradius bairdii	7	0	15.7
Balaenoptera acutorostrata	8	0	1.3
Balaenoptera edeni	12	0	1.4
Balaenoptera physalus	2	0	3.2
Balaenoptera musculus	30	0	1.2
Megaptera novaeangliae	10	3	1.7
Zalophus californianus	43	1	1.1
Mirounga angustirostris	3	0	1
Phoca vitulina	1	0	1

Appendix 3. Marine mammal species sighted within the EEZ waters of Mexico, Gulf of California, during the surveys (July-December 1986-1990, 1992 and 1993).

Species	Total No. of sightings	No. of mixed groups	Average group size
Phocoena sinus	26	0	1.6
Stenella attenuata (offshore)	32	12	165.9
Stenella attenuata graffmani	11	5	101.8
Stenella longirostris orientalis	22	11	168
Stenella coeruleoalba	18	0	30.2
Delphinus capensis	26	1	211.6
Delphinus delphis	15	1	100.6
Steno bredanensis	16	1	7.1
Tursiops truncatus	92	15	22.8
Grampus griseus	50	10	40.9
Globicephala macrorhynchus	14	4	19.2
Orcinus orca	3	0	4.3
Physeter macrocephalus	10	0	3
Kogia breviceps	1	1	1
Kogia simus	26	0	1.9
Ziphius cavirostris	16	0	2.2
Balaenoptera acutorostrata	1	0	1
Balaenoptera edeni	8	1	1.5
Balaenoptera physalus	25	2	2.7
Megaptera novaeangliae	2	1	1
Zalophus californianus	23	0	1

Appendix 4. Marine mammal species sighted within the EEZ waters of 'Central America' during the surveys (July-December 1986-1990, 1992 and 1993).

Species	Total No. of sightings	No. of mixed groups	Average group size
Stenella attenuata (offshore)	36	20	121.4
Stenella attenuata graffmani	18	0	42.2
Stenella longirostris orientalis	25	18	354.9
Stenella longirostris centroamericana	8	1	649.2
Stenella coeruleoalba	51	1	70.1
Delphinus delphis	28	0	222.7
Steno bredanensis	13	2	12.6
Tursiops truncatus	98	23	21.9
Grampus griseus	14	6	12.1
Feresa attenuata	1	0	133
Globicephala macrorhynchus	13	7	26.9
Orcinus orca	3	0	4.1
Physeter macrocephalus	6	3	4.1
Kogia simus	14	1	2
Ziphius cavirostris	5	0	2.2
Mesoplodon sp. A	1	0	3
Balaenoptera edeni	1	0	1
Balaenoptera musculus	6	0	1.7
Megaptera novaeangliae	1	0	1

Appendix 5. Marine mammal species sighted within the EEZ waters of Costa Rica during the surveys (July-December 1986-1990, 1992 and 1993).

Species	Total No. of sightings	No. of mixed groups	Average group size
Stenella attenuata (offshore)	21	7	101.2
Stenella attenuata graffmani	1	0	5
Stenella longirostris orientalis	10	4	133.1
Stenella longirostris hybrid	2	2	15.8
Stenella coeruleoalba	74	1	45.4
Delphinus delphis	31	1	254.8
Steno bredanensis	12	1	31.5
Tursiops truncatus	46	27	18.9
Grampus griseus	29	5	8
Peponocephala electra	1	1	288.6
Pseudorca crassidens	1	1	7
Globicephala macrorhynchus	43	20	13.6
Orcinus orca	4	1	3.6
Physeter macrocephalus	29	4	11.5
Kogia simus	20	0	1.7
Ziphius cavirostris	7	0	2
Mesoplodon sp. A	2	0	2
Balaenoptera edeni	7	0	2.9
Balaenoptera musculus	2	0	1

Appendix 6. Marine mammal species sighted within the EEZ waters of Panama during the surveys (July-December 1986-1990, 1992 and 1993).

Species	Total No. of sightings	No. of mixed groups	Average group size
Stenella attenuata (offshore)	4	0	720.4
Stenella attenuata graffmani	25	3	58.7
Stenella longirostris orientalis	3	1	73.8
Stenella coeruleoalba	24	1	50.5
Delphinus delphis	14	0	157.9
Steno bredanensis	3	1	10.3
Tursiops truncatus	43	17	16.8
Grampus griseus	8	1	7.5
Peponocephala electra	3	1	263.3
Feresa attenuata	1	0	19
Globicephala macrorhynchus	14	7	11.4
Orcinus orca	1	0	1
Physeter macrocephalus	22	6	5.3
Kogia simus	3	0	1
Ziphius cavirostris	2	0	2.8
Mesoplodon densirostris	1	0	2
Balaenoptera edeni	1	0	1.7
Megaptera novaeangliae	2	0	1

Appendix 7. Marine mammal species sighted within the EEZ waters of Colombia during the surveys (July-December 1986-1990, 1992 and 1993).

Species	Total No. of sightings	No. of mixed groups	Average group size
Stenella attenuata (offshore)	4	1	113.8
Stenella attenuata graffmani	2	0	103.4
Stenella coeruleoalba	50	0	48.7
Delphinus delphis	7	0	80.9
Steno bredanensis	14	6	22.3
Tursiops truncatus	21	13	17.9
Grampus griseus	23	5	10.4
Peponocephala electra	6	1	359.3
Pseudorca crassidens	1	0	14
Globicephala macrorhynchus	4	2	5.3
Orcinus orca	1	0	6
Physeter macrocephalus	32	4	8
Kogia simus	3	0	1.5
Ziphius cavirostris	4	0	1.5
Mesoplodon densirostris	2	0	4
Balaenoptera edeni	1	0	1
Megaptera novaeangliae	11	0	2.3

Appendix 8. Marine mammal species sighted within the EEZ waters of Ecuador during the surveys (July-December 1986-1990, 1992 and 1993).

Species	Total No. of sightings	No. of mixed groups	Average group size
Stenella coeruleoalba	10	0	37.1
Delphinus delphis	12	0	428.4
Tursiops truncatus	4	1	31.2
Globicephala macrorhynchus	3	2	14.4
Orcinus orca	1	0	2
Physeter macrocephalus	8	2	14.6
Mesoplodon densirostris	1	0	2
Megaptera novaeangliae	2	0	1.5

ESTIMATIVOS DE ABUNDANCIA DE CETÁCEOS EN LAS ZEE DEL PACÍFICO ORIENTAL TROPICAL

Tim Gerrodette
Southwest Fisheries Science Center
National Marine Fisheries Service, NOAA
La Jolla, California 92038-0271 E.E.U.U.

y

Daniel M. Palacios
Apartado Aéreo 59440
Bogotá, COLOMBIA

SEPTIEMBRE DE 1996

REPORTE ADMINISTRATIVO LJ-96-10

RESUMEN

Se definieron siete áreas de estudio basadas en las Zonas Económicas Exclusivas de México, Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica, Panamá, Colombia y Ecuador en el Océano Pacífico. Se estimó la abundancia de las especies más comues de cetáceos en estas aguas jurisdiccionales utilizando métodos de transectos lineales, a bordo de cruceros de reconocimiento que se llevaron a cabo entre Julio y Diciembre de 1986 a 1993. En general, durante los meses del estudio, los cetáceos fueron más abundantes y diversos en el rango noroeste de las áreas de estudio (Pacífico Méxicano y Golfo de California). La abundancia y diversidad disminuyeron hacia el sureste, alcanzando la menor abundancia y diversidad en Ecuador. La composición de la abundancia por tamaño de los animales mostró amplios patrones de similaridad entre países. El número de delfines de los géneros *Stenella*, *Delphinus*, y *Tursiops* varió entre decenas y cientos de miles. El delfín común de hocico corto (*D. delphis*) fue el cetáceo más abundante en todos los países excepto Colombia. Estimativos de abundancia para cetáceos medianos, tales como el calderón de aleta corta (*Globicephala macrorhynchus*) y zífidos de los géneros *Ziphius* y *Mesoplodon*, estuvieron en los cientos, mientras que estimativos para rorcuales (*Balaenoptera edeni*, *B. physalus* y *B. musculus*) estuvieron entre las decenas y los cientos de animales. Estimativos para el cachalote (*Physeter macrocephalus*) estuvieron entre 300 to 3,000, y fueron un orden de magnitud más altos que los estimativos para rorcuales.

INTRODUCCION

Aunque los patrones generales de distribución de cetáceos en Latinoamérica son más o menos conocidos, no se han llevado a cabo estudios para estimar el tamaño de las poblaciones de cetáceos en las aguas nacionales de ninguno de los países que bordean el Pacífico oriental tropical (POT). Wade y Gerrodette (1993) realizaron estimativos de abundancia para toda la región. En el presente documento se estima la abundancia de cetáceos en las aguas jurisdiccionales (Zona Económica Exclusiva, o ZEE) de países en el POT, de México a Ecuador, utilizando datos colectados entre 1986 y 1993.

MATERIALES Y METODOS

Areas de estudio

Las áreas de estudio consideradas en el presente trabajo comprenden las aguas jurisdiccionales de México a Ecuador en el Océano Pacífico. Por definición, las aguas jurisdiccionales se extienden hasta el límite exterior de la ZEE reclamada por cada país, es decir, el límite de las 200 millas naúticas desde las líneas de base que son usadas para definir el mar territorial según acuerdos sobre Derecho Internacional del Mar (Churchill y Lowe, 1988). En la medida de lo posible, se utilizó la serie '*Limits in the Seas*'[1] para ubicar los límites políticos marítimos entre

[1] '*Limits in the Seas*' es publicada por el *US Department of State, Bureau of Oceans and International Environmental and Scientific Affairs*, Washington, DC 20520, EE.UU.

dos países. En el caso de Colombia, además, se utilizó DIMAR (1988). También se utilizó el mapa de Ross y Landry (1986) como una referencia general para las formas de las ZEE.

A excepción de Panamá (y Colombia, donde se tenía una fuente adicional), la totalidad de las áreas de la ZEE no aparecen delineadas en '*Limits in the Seas*'. La serie sólo proporciona la extensión del límite político entre dos países adyacentes desde la costa hasta las 200 millas naúticas. Por consiguiente, se obtuvo la posición de puntos sobresalientes a lo largo de la costa a partir de cartas de navegación (Apéndice 1) y se computaron arcos con un radio de 200 millas naúticas alrededor de cada punto sobresaliente. Los arcos adyacentes fueron unidos por sus intersecciones y así se obtuvo una serie de arcos que definen el límite externo de las ZEE (Figs. 1 y 2). Aunque este procedimiento puede no representar exactamente los límites de las ZEE por que métodos adicionales son utilizados para determinar las líneas de base de acuerdo al contorno específico de la costa (ver Churchill y Lowe, 1988), las diferencias probablemente no afectan los estimativos de abundancia de manera significativa.

Para el propósito de este estudio se definieron siete estratos: México [con estratos separados para el Océano Pacífico y el Golfo de California (Fig. 1)], 'Centro América,' Costa Rica, Panamá, Colombia y Ecuador (Fig. 2). La ZEE de México fue dividida en dos estratos por que el Golfo de California es una región diferenciada y por que el Golfo fue muestreado con más intensidad que la costa exterior (Tabla 1). Hubo algún esfuerzo de muestreo en aguas del norte de Perú, pero no el suficiente para producir estimativos de abundacia. Tampoco se incluyeron las 200 millas naúticas alrededor de las Islas Galápagos, que pertenecen a Ecuador, por ser un área separada. Se combinaron las aguas jurisdiccionales de Guatemala, El Salvador, Honduras y Nicaragua en un área mayor que se denominó 'Centro América' (Fig. 2). Esto fue en parte debido a que no se pudieron localizar los límites marítimos entre estos países (algunos aún están por definir), y también por que algunos de ellos tendrían un área muy pequeña para hacer estimativos de abundancia adecuados. Para los límites entre Costa Rica y 'Centro América' y entre Costa Rica y las Islas Galápagos (no incluídas aquí), se siguió el mapa de Ross y Landry (1986).

El área de la ZEE de cada país (o grupo de países en el caso de 'Centro América') fue calculada usando un algorítmo que tiene en cuenta la curvatura de la tierra. El área superficial de las aguas de cada ZEE fue calculada como el área total menos el área superficial de las islas principales. El área de México fue mucho más grande que las demás areas de las ZEE (Tabla 1).

Métodos de reconocimiento

Los cruceros de reconocimiento se llevaron a cabo entre finales de Julio y principios de Diciembre de cada año entre 1986 y 1990, con reconocimientos adicionales entre Julio y Noviembre en 1992 y 1993. Los avistamientos fueron realizados por un equipo de tres observadores desde un puente de observación a 11m sobre el nivel del mar, a bordo de dos buques de investigación de 52m, el *McArthur* y el *David Starr Jordan*, siguiendo líneas de transecto predeterminadas al azar a través de todo el POT (Figs. 1 y 2). El ángulo y la distancia radial a cada avistamiento fueron registrados, y el tamaño grupal fue estimado

independientemente por cada observador. Wade y Gerrodette (1993) describen la metodología de los reconocimientos en más detalle. Los reconocimientos fueron originalmente diseñados para evaluar las poblaciones de delfines afectadas por la pesquería pelágica de atún con redes de cerco en el POT, por lo que que el muestreo en las aguas de las ZEE fue un subconjunto del esfuerzo total de muestreo (Figs. 1 y 2).

Consideraciones sobre stock e identidad de especies

Para algunas especies en el POT como el delfín manchado pantropical (*Stenella attenuata*), el delfín rotador (*S. longirostris*) y el delfín común de hocico corto (*Delphinus delphis*), se han reconocido varios stocks o subespecies (Dizon *et al.*, 1994). La abundancia poblacional para la mayoría de estos stocks fue estimada por Wade y Gerrodette (1993). El propósito de este trabajo es proporcionar un único estimativo de abundancia por especie por país, y por lo tanto los avistamientos no fueron estratificados por stock, aunque más de un stock puede estar presente en las aguas de un país dado.

En la categoría Ziphiidae se incluyeron cetáceos medianos de los géneros *Ziphius* y *Mesoplodon*. Los estimativos para las ballenas de Bryde (*Balaenoptera edeni*) fueron hechos combinando los avistamientos positivos de esta especie con aquellos en los que no se pudo determinar si se trataba de ballenas de Bryde o de sei (*B. borealis*), ya que esta última especie no ocurre con frecuencia en aguas del POT. El delfín común de hocico largo (*D. capensis*) sólo fue reconocido como especie separada del delfín común de hocico corto (Heyning y Perrin, 1994) durante el período comprendido por los reconocimientos. Debido a que en los primeros avistamientos no se distinguió las dos especies con certeza, los estimativos para el delfín común de hocico largo en México se basaron en los datos de 1993 únicamente. Los avistamientos que no pudieron ser identificados a nivel de especies fueron asignados a categorías más generales como 'delfín no identificado' o 'ballena grande' (Tabla 2).

La abundancia de la vaquita (*Phocoena sinus*), únicamente encontrada en el Alto Golfo de California, es considerada en detalle por Barlow *et al.* (en prensa) y por lo tanto sólo es mencionada en la Tabla 4 y Apéndice 3.

Estimación de abundancia

La densidad y la abundancia fueron estimadas por métodos de transectos lineales (Burnham *et al.*, 1980; Hiby y Hammond, 1989; Buckland *et al.*, 1993), utilizando el esfuerzo realizado en cada estrato. La densidad $\hat{D}_{ij}$ y la abundancia $\hat{N}_{ij}$ de una especie *i* en un estrato *j* están dadas por

$$\hat{D}_{ij} = \frac{n_{ij}}{L_j} \frac{\hat{f}_i(0)}{2} \frac{\hat{E}(S_i)}{g_i(0)}, \qquad \hat{N}_{ij} = \hat{D}_{ij} A_j ,$$

donde n_{ij} = número de avistamientos de la especie *i* en el estrato *j*,
L_j = esfuerzo de búsqueda (longitud del transecto) en el estrato *j*,
$\hat{f}_i(0)$ = valor estimado de la función de densidad de la probabilidad de avistamiento evaluada a una distancia de cero para la especie *i*,
$g_i(0)$ = fracción de las ocurencias de la especie *i* directamente sobre la línea de transecto que son detectadas,
$\hat{E}(S_i)$ = estimativo del tamaño de grupo promedio para la especie *i*, y
A_j = área de la ZEE para el estrato *j*.

Así, la función de detección y el tamaño de grupo promedio para cada especie fue estimado a partir de los datos en todos los estratos, mientras que la tasa de encuentro fue computada para cada estrato separadamente. Los estimativos de densidad, abundancia e intervalos de confianza asociados fueron obtenidos utilizando el programa de computador '*DISTANCE*' (Laake *et al.*, 1993). El esfuerzo y los avistamientos en condiciones de Beaufort 0 a 5 fueron utilizados excepto para los zífidos, para los que se utilizaron condiciones de Beaufort 0 a 2 solamente, como se explica más adelante. El tamaño de grupo promedio fue estimado mediante una regresión del logarítmo del tamaño de grupo sobre la función de detección $g(x)$, utilizando el estimativo corregido cuando la pendiente de la línea de regresión era significativa al nivel de α=0.15. Funciones clave de riesgo, media-normal y uniforme con funciones de ajuste de coseno fueron ajustadas a las distribuciones de la distancia perpendicular para cada especie o categoría de avistamiento, truncadas al 10% de los avistamientos más distantes (Buckland *et al.*, 1993). Los avistamientos de rorcuales [ballenas azules (*B. musculus*), de aleta (*B. physalus*), y de Bryde] fueron combinados para estimar una función de detección común. Se seleccionó el modelo con el valor del Criterio de Información de Akiake (CIA), excepto en unos pocos casos en los que la función presentó un pico muy pronunciado cerca de cero. Se asumió que todos los grupos sobre la línea de transecto fueron detectados [$g(0)$=1] excepto para los zífidos. Barlow y Sexton (en prensa) recientemente han desarrollado un modelo de simulación basado en los intervalos de buceo de los animales y el comportamiento de búsqueda de los observadores, para estimar el $g(0)$ para cetáceos con períodos de buceo prolongados. Ellos concluyeron que con los métodos de avistamiento usados durante los reconocimientos, $g(0)$ para cachalotes (*Physeter macrocephalus*) se aproximaría a la unidad, pero sería sustancialmente menor para *Kogia*, *Mesoplodon* y *Ziphius*. La categoría de avistamiento 'Ziphiidae' incluyó un número aproximadamente igual de avistamientos de *Ziphius cavirostris* y *Mesoplodon* spp., por lo que se usó $g(0)$=0.20 (CV=0.43), el valor promedio que Barlow y Sexton estimaron para estas dos categorías en condiciones de Beaufort 0 a 2. La varianza de la tasa de encuentro y el tamaño de los grupos fue estimada empíricamente a partir de los datos, utilizando un día de esfuerzo como muestra, mientras que la varianza de $\hat{f}_i(0)$ fue computada mediante una estimación de máxima probabilidad. Los intervalos de confianza asumieron una distribución log-normal.

Se estimaron abundacias para todas las categorías de avistamientos en la Tabla 2, incluyendo la cinco categorías no identificadas al final de la tabla. La abundancia de las categorías de avistamientos no identificados a nivel de especie fue distribuída entre las especies apropiadas, en proporción a los estimativos de abundancia para cada especie identificada en cada estrato. Así, el

estimativo final de abundancia para la especie *i* dentro de un estrato fue calculada como

$$\hat{N}_i = \hat{N}_{0,i} + \frac{\hat{N}_{0,i}}{\sum_{j=1}^{k} \hat{N}_{0,j}} \hat{N}_{unid},$$

donde $\hat{N}_{0,i}$ = abundancia estimada para la especie *i* usando solamente los avistamientos identificados para la especie *i*, y $\hat{N}_{unid}$ = abundancia estimada de una categoría de avistamiento no identificado que incluye *k* especies, *i* entre ellas. La varianza del estimativo combinado fue calculada como la suma de las varianzas de los estimativos de abundancia de los avistamientos identificados y no identificados.

Sólo se estimó la abundancia para las especies que tuvieron el suficiente número de avistamientos en las aguas de la ZEE para estimar la función de detección (Tabla 2). La abundancia de especies identificadas pero menos comunes no fue estimada. Una completa lista del número de avistamientos y especies identificadas en cada área aparece en los Apéndices 2-8. Estos apéndices incluyen avistamientos realizados durante esfuerzo de observación y en tránsito, y por lo tanto el número de avistamientos no corresponde a los números de la Tabla 2. Los apéndices también identifican avistamientos al nivel de subespecie en la medida de lo posible. Estas listas serán de utilidad para países que deseen conocer la ocurrencia relativa de las especies confirmadas en sus aguas.

RESULTADOS Y DISCUSION

El esfuerzo total de transecto en aguas de la ZEE fue de 54,161km. El esfuerzo dentro de cada estrato varió entre 25,356 y 1,164km, siendo aproximadamente proporcional al tamaño de cada ZEE, excepto por Ecuador que fue muestreado con menor intensidad (Tabla 1). El esfuerzo de búsqueda estuvo espacialmente bien distribuído dentro de cada estrato, excepto nuevamente por la parte norte de las aguas Ecuatorianas (Figs. 1 y 2). Hubo alguna concentración de esfuerzo cerca a los puertos que se usaron para reabastecimiento de combustible y provisiones para los buques. Los valores de n, L, $\hat{f}(0)$, $\hat{E}(S)$, y A usados en la estimación de densidad y abundancia aparecen en las Tablas 1 y 2. El procedimiento del modelo de seleción del CIA más bajo seleccionó el modelo de tasa de riesgo con 1 o 2 términos de ajuste de cosenos para la mayoría de las especies. En la mayoría de los casos, el estimativo del tamaño de grupo promedio $\hat{E}(S)$ por el método de regresión logarítmica fue menor al tamaño de grupo promedio observado $\bar{S}$ (Tabla 2), indicando que los grupos más pequeños tienden a no ser detectados a medida que se incrementa la distancia a la embarcación.

Los estimativos de densidad y abundancia para las especies más comunes en cada estrato, con intervalos de confianza log-normales del 95% para la abundancia, aparecen en las Tablas 3-9 y las Figuras 3-9. En las tablas se dan los estimativos de abundancia basados solamente en los

avistamientos identificados de una especie, $\hat{N}_0$, así como los estimativos de abundancia finales $\hat{N}$, los cuales incluyen los avistamientos no identificados repartidos entre las especies adecuadas. La adición de los avistamientos no identificados incrementó los estimativos de abundancia iniciales en aproximadamente 2-10% para la mayoría de las especies, pero sustancialmente más para los rorcuales.

En general, las especies tuvieron patrones similares de abundancia entre países. Los delfines más pequeños de los géneros *Stenella* y *Delphinus* tuvieron las abundancias más altas, entre decenas y cientos de miles; los delfines más grandes [naríz de botella (*Tursiops truncatus*), de Risso (*Grampus griseus*) y de dientes rugosos (*Steno bredanensis*)] y los cetáceos de tamaño mediano [calderones de aleta corta (*Globicephala macrorhynchus*) y los zífidos] tuvieron abundancias intermedias, entre miles y decenas de miles. Los rorcuales tuvieron las abundancias más bajas, entre decenas y cientos de animales. La abundancia de cachalotes en la mayoría de los países fue un orden de magnitud mayor a la de los rorcuales durante los meses de los reconocimientos, y varió aproximadamente entre 300 y 3,000. El delfín común de hocico corto fue el cetáceo más común en todos los países excepto Colombia, aunque el delfín común de hocico largo predominó en el Golfo de California.

La variabilidad oceanográfica estacional e interanual pudo haber tenido efectos sobre los estimativos de densidad y abundancia, puesto que al menos algunas especies cambian sus distribuciones como respuesta a cambios en la distribución espacial de sus habitats (Fiedler y Reilly, 1994; Reilly y Fiedler, 1994). Sin embargo, puesto que los datos se combinaron a lo largo de varios años y bajo una variedad de condiciones, estos estimativos pueden ser considerados estimativos de abundancia promedio. Puesto que hubo menos esfuerzo de muestreo en las áreas más cercanas a la costa, las especies con hábitos costeros pueden estar subrepresentadas en estos estimativos. La estimación de $f(0)$ y del tamaño de grupo para todos los estratos asume que las condiciones de avistamiento y el tamaño de grupo no difieren entre los estratos. Otros factores que pueden afectar estimativos con base en transectos lineales son discutidos por Hiby y Hammond (1989) y Wade y Gerrodette (1993).

La variación de la abundancia de una especie dada entre países es en parte debida a la diferencia en tamaño de las aguas jurisdiccionales, y también a patrones de distribución de cetáceos que están correlacionados con características oceanográficas que operan a mayores escalas (ver Au y Perryman, 1985; Reilly, 1990; Reilly y Thayer, 1990; Reilly y Fiedler, 1994). Adicionalmente, algunas especies [el delfín común de hocico largo y el delfín rotador Centroamericano (*S. l. centroamericana*)] son endémicas de pequeños rangos dentro del POT; y algunas otras (p.ej. ballenas azules y de aleta), solo están presentes en países cuyas aguas son parte de sus rangos migratorios durante los meses de los reconocimientos. Sin embargo, se notó una tendencia general a la disminución en densidad y diversidad desde la parte noroeste de las áreas de estudio (Pacífico Mexicano y Golfo de California) hacia el sureste, alcanzando la menor abundancia y diversidad en aguas de Ecuador.

Los límites de las ZEE no corresponden a las áreas naturales de distribución de los stocks o

especies. La definición de unidades poblacionales como tales es una labor difícil que se basa en información genética, demográfica, distribucional y morfológica (Dizon *et al.*, 1992). El propósito de este estudio es proporcionar estimativos país por país, para asistir a programas nacionales de manejo de recursos naturales marinos. Estos estimativos proporcionan una línea de base con la cual cambios futuros en el tamaño de las poblaciones de cetáceos pueden ser medidos. Dichos cambios pueden ser debidos a variaciones ambientales o a mortalidad incidental en pesquerías. Existe una preocupación sobre los niveles de mortalidad incidental de pequeños cetáceos en trasmallos artesanales en la región (Bjørge *et al.*, 1994; Reyes y Oporto, 1994; Vidal *et al.*, 1994; Félix y Samaniego, 1994; IWC, 1995). La estimación de abundancia permite evaluar el impacto de la mortalidad incidental en las poblaciones de cetáceos (Palacios y Gerrodette, 1996).

AGRADECIMIENTOS

Los cruceros de reconocimiento reportados aquí fueron financiados por el *National Marine Fisheries Service* (NMFS) de los EE.UU., y fueron llevados a cabo bajo permisos otorgados por los gobiernos de México, Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica, Panamá, Colombia y Ecuador. Ltjg. Alexandra Van Saunder asistió en la obtención de los límites de las ZEE. Los reconocimientos durante los que se colectaron los datos involucraron a muchas personas por muchos años. Los autores lamentan no poder agradecer individualmente cada uno de ellos, pero colectivamente agradecen a los observadores de mamíferos marinos que realizaron los largos turnos de observación, a los oficiales y tripulación de los buques *McArthur* y *David Starr Jordan* que proporcionaron las plataformas de trabajo y al resto del personal de soporte del *Southwest Fisheries Science Center* (SWFSC), particularmente a los colegas de la División de Mamíferos Marinos. Jay Barlow (NMFS, SWFSC, P.O. Box 271, La Jolla, CA 92038, USA), William F. Perrin (NMFS, SWFSC), Brian D. Smith (Aquatic Biodiversity Associates, P.O. Box 283, Arcata, CA 95521, USA) y Paul R. Wade (NMFS, National Marine Mammal Laboratory, 7600 Sand Point Way, Seattle, WA 98115, USA) hicieron comentarios al manuscrito.

REFERENCIAS

Au, D.W.K. y Perryman, W.L. 1985. Dolphin habitats in the eastern tropical Pacific. *Fish. Bull., US* 83(4):623-43.

Barlow, J., Gerrodette, T., y Silber, G. En prensa. First estimates of vaquita abundance. *Mar. Mammal Sci.* 13.

Barlow, J. y Sexton, S. En prensa. The effect of diving and searching behavior on the probability of detecting track-line groups, g_0, of long-diving whales during line-transect surveys. *Southwest Fisheries Science Center Administrative Report.* 20 pp.

Bjørge, A., Brownell Jr, R.L., Donovan, G.P. y Perrin, W.F. 1994. Significant direct and incidental catches of small cetaceans. *Rep. int. Whal. Commn* (special issue 15):76-126.

Buckland, S.T., Anderson, D.R., Burnham, K.P. y Laake, J.L. 1993. *Distance Sampling: Estimating Abundance of Biological Populations*. Chapman and Hall, London. 446pp.

Burnham, K.P., Anderson, D.R. y Laake, J.L. 1980. Estimation of density from line transect sampling of biological populations. *Wildlife Monographs* 72:1-202.

Churchill, R.R. y Lowe, A.V. 1988. *The Law of the Sea*. Manchester University Press, Manchester, UK. 370pp.

DIMAR (Dirección General Marítima y Portuaria de Colombia). 1988. Jurisdicción de la Dirección General Marítima y Portuaria. *Boletín Informativo* No. 2:1-3.

Dizon, A.E., Lockyer, C., Perrin, W.F., DeMaster, D.P. y Sisson, J. 1992. Rethinking the stock concept: a phylogeographic approach. *Cons. Biol.* 6:24-36.

Dizon, A.E., Perrin, W.F. y Akin, P.A. 1994. Stocks of dolphins (*Stenella* spp. and *Delphinus delphis*) in the eastern tropical Pacific: a phylogeographic classification. *NOAA Tech. Rep. NMFS* 119:1-20.

Félix, F. y Samaniego, J. 1994. Incidental catches of small cetaceans in the artisanal fisheries of Ecuador. *Rep. int. Whal. Commn* (special issue 15):475-80.

Fiedler, P.C. y Reilly, S.B. 1994. Interannual variability of dolphin habitats in the eastern tropical Pacific. II: Effects on abundances estimated from tuna vessel sightings. *Fish. Bull., US* 92:451-63.

Heyning, J.E. y Perrin, W.F. 1994. Evidence for two species of common dolphins (genus *Delphinus*) from the eastern north Pacific. *Nat. Hist. Mus. Los Angeles Co., Contributions in Science* 442:1-35.

Hiby, A.R. y Hammond, P.S. 1989. Survey techniques for estimating abundance of cetaceans. *Rep. int. Whal. Commn* (special issue 11):47-80.

International Whaling Commission. 1995. Report of the Scientific Committee, Annex G. Report of the Sub-Committee on Small Cetaceans. *Rep. int. Whal. Commn* 45:165-84.

Laake, J.L., Buckland, S.T., Anderson, D.R. y Burnham, K.P. 1993. *DISTANCE User's Guide*. Version 2.2. Colorado Cooperative Fish and Wildlife Research Unit, Colorado State University, Fort Collins, CO 80523. 84pp.

Palacios, D. M. y Gerrodette, T. 1996. Impacto potencial de las pesquerías con trasmallos artesanales sobre las poblaciones de cetáceos del Pacífico oriental tropical. *Southwest Fisheries Science Center Administrative Report* LJ-96-11. 17 pp.

Reilly, S.B. 1990. Seasonal changes in distribution and habitat differences among dolphins in

the eastern tropical Pacific. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 66:1-11.
Reilly, S.B. y Fiedler, P.C. 1994. Interannual variability of dolphin habitats in the eastern tropical Pacific. I: Research vessel surveys, 1986-1990. *Fish. Bull., US* 92:434-50.
Reilly, S.B. y Thayer, V.G. 1990. Blue whale (*Balaenoptera musculus*) distribution in the eastern tropical Pacific. *Mar. Mammal Sci.* 6(4):265-77.
Reyes, J.C. y Oporto, J.A. 1994. Gillnet fisheries and cetaceans in the Southeast Pacific. *Rep. int. Whal. Commn* (special issue 15):467-74.
Ross, D.A. y Landry, T.A. 1986. *Marine Scientific Research Boundaries*. International Marine Science Cooperation Program. Woods Hole Oceanographic Institution, Woods Hole, MA 02543, USA. (Chart).
Vidal, O., Van Waerebeek, K. y Findley, L.T. 1994. Cetaceans and gillnet fisheries in Mexico, Central America and the Wider Caribbean: a preliminary review. *Rep. int. Whal. Commn* (special issue 15):221-33.
Wade, P.R. y Gerrodette, T. 1993. Estimates of cetacean abundance and distribution in the eastern tropical Pacific. *Rep. int. Whal. Commn* 43:477-93.

Tabla 1. Area superficial, esfuerzo de búsqueda (longitud de los transectos), y el índice de esfuerzo relativo para los estratos de las Figuras 1 y 2.

Estrato	**Area de la ZEE (A), en km²**	**Esfuerzo (L), in km**	**Esfuerao relativo, L/A*100**
México, Océano Pacifico	2,054,102	25,356	1.23
México, G. de California	262,125	4,377	1.67
'Centro América'	323,013	5,251	1.63
Costa Rica	475,737	8,465	1.78
Panamá	188,045	3,692	1.96
Colombia	329,492	5,856	1.78
Ecuador	229,863	1,164	0.51
Total	3,862,377	54,161	1.40

Tabla 2. Para cada especie o categoría de avistamiento, el número de avistamientos (n*) en los que los estimativos de $\hat{f}(0)$ (en km^{-1}), tamaño de grupo promedio ($\bar{S}$), y tamaño de grupo esperado [$\hat{E}(S)$] están basados, y el número de avistamientos durante el esfuerzo (n) en cada estrato.

					---------- Número de avistamientos durante el esfuerzo (*n*) --------						
Especies/categoría de avistm.	**n***	$\hat{f}(0)$	$\bar{S}$	$\hat{E}(S)$	**México, Oceano**	**México, Golfo**	**'Centro América'**	**Costa Rica**	**Panamá**	**Colombia**	**Ecuador**
Stenella attenuata	324	0.31	105.6	60.6	186	42	49	16	22	7	1
Stenella longirostris	186	0.28	123.4	123.4	130	22	22	10	3	0	0
Stenella coeruleoalba	319	0.50	49.3	41.2	133	14	38	61	22	42	8
Delphinus capensis	144	0.45	306.4	210.8	6	22	0	0	0	0	1
Delphinus delphis	216	0.41	277.8	200.6	103	38	26	22	11	5	11
Steno bredanensis	89	1.69	11.4	9.7	49	13	8	7	3	9	0
Tursiops truncatus	298	1.15	21.7	13.7	87	75	63	28	25	16	4
Grampus griseus	147	1.31	16.1	9.8	45	44	11	21	7	19	0
Globicephala macrorhynchus	79	0.63	16.1	16.1	8	13	12	30	11	4	3
Ziphiidae	148	0.91	2.1	1.8	53	29	14	22	13	15	3
Physeter macrocephalus	117	0.25	7.8	7.8	33	7	5	23	19	22	6
Balaenoptera edeni	154	0.48	1.8	1.8	17	13	2	8	3	3	0
Balaenoptera physalus	154	0.48	2.9	2.9	1	19	0	0	0	0	0
Balaenoptera musculus	154	0.48	1.5	1.3	22	0	4	2	0	0	0
Delfines no identificados	448	0.40	21.6	7.6	184	49	63	69	35	39	9
Cetáceos medianos no identif.	61	0.72	1.8	1.8	33	3	9	5	4	5	2
Ballenas grandes no identif.	46	0.22	1.3	1.3	17	8	4	10	3	2	2
Ballenas no identificadas	49	0.21	1.6	1.6	22	0	2	9	13	3	1
Cetáceos no identificados	44	0.67	1.6	1.3	15	10	4	9	4	0	1

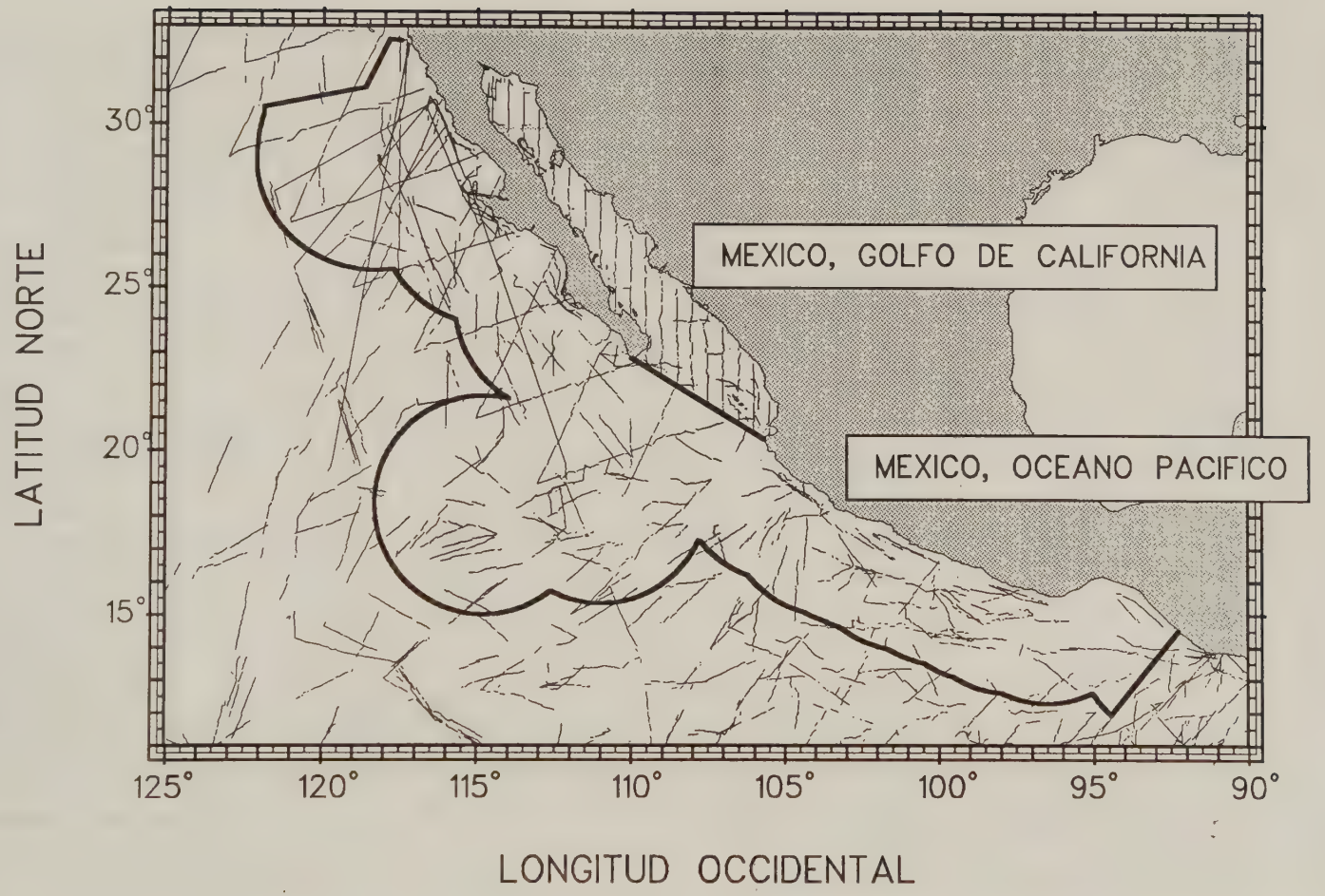


Figura 1. Límites de la Zona Económica Exclusiva (ZEE) (lineas gruesas) y esfuerzo de búsqueda de los transectos lineales (lineas finas) para los estratos del Océano Pacifico y el Golfo de California, México.

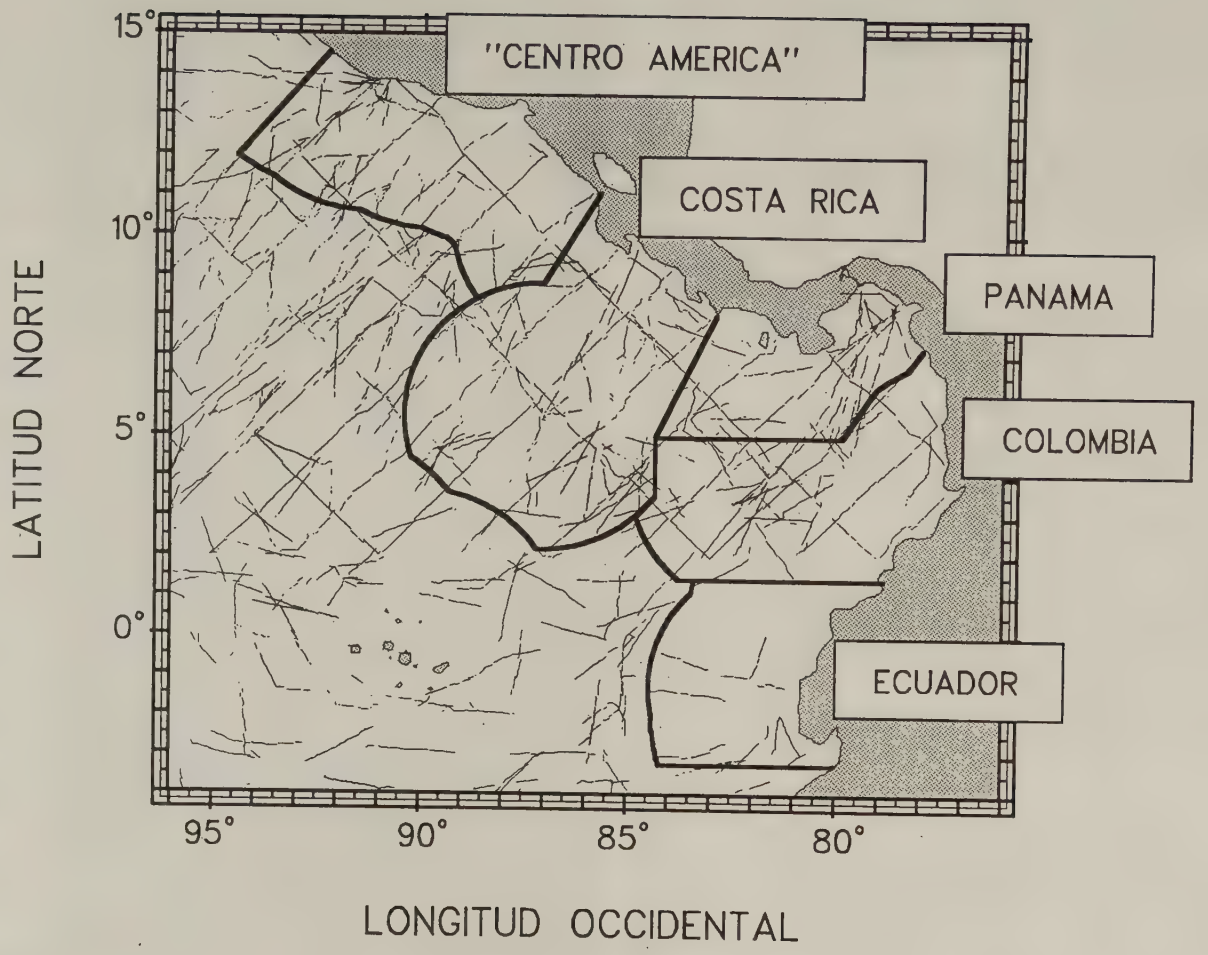


Figura 2. Límites de la Zona Económica Exclusiva (ZEE) (lineas gruesas) y esfuerzo de búsqueda de los transectos lineales (lineas finas) para 'Centro América,' Costa Rica, Panamá, Colombia y Ecuador.

Tabla 3. Estimativos de abundancia de cetáceos (N) y densidad (D) para México, Océano Pacífico, con límites inferior (N_{inf}) y superior (N_{sup}) de los intervalos de confianza al 95%. El estimativo N_0 no incluye avistamientos no identificados. La densidad está dada en número de animales por 1,000 km^2.

ESPECIES	N_0	N	N_{inf}	N_{sup}	D
Stenella attenuata	142,190	146,296	102,489	208,827	71.22
Stenella longirostris	181,660	186,906	130,550	267,589	90.99
Stenella coeruleoalba	125,250	128,867	90,632	183,232	62.74
Delphinus capensis	38,916	55,112	24,324	124,872	26.83
Delphinus delphis	199,970	283,196	190,352	421,323	137.87
Steno bredanensis	36,458	37,511	17,893	78,635	18.26
Tursiops truncatus	59,809	61,536	39,052	96,965	29.96
Grampus griseus	23,408	24,084	13,726	42,259	11.72
Globicephala macrorhynchus	3,266	3,348	1,447	7,746	1.63
Ziphiidae	67,149	68,828	27,518	172,156	33.51
Physeter macrocephalus	2,660	2,810	1,735	4,551	1.37
Balaenoptera edeni	471	649	361	1,167	0.32
Balaenoptera physalus	105	145	27	775	0.07
Balaenoptera musculus	561	773	396	1,510	0.38

Figura 3. Estimativos de abundancia de cetáceos para México, Océano Pacífico.

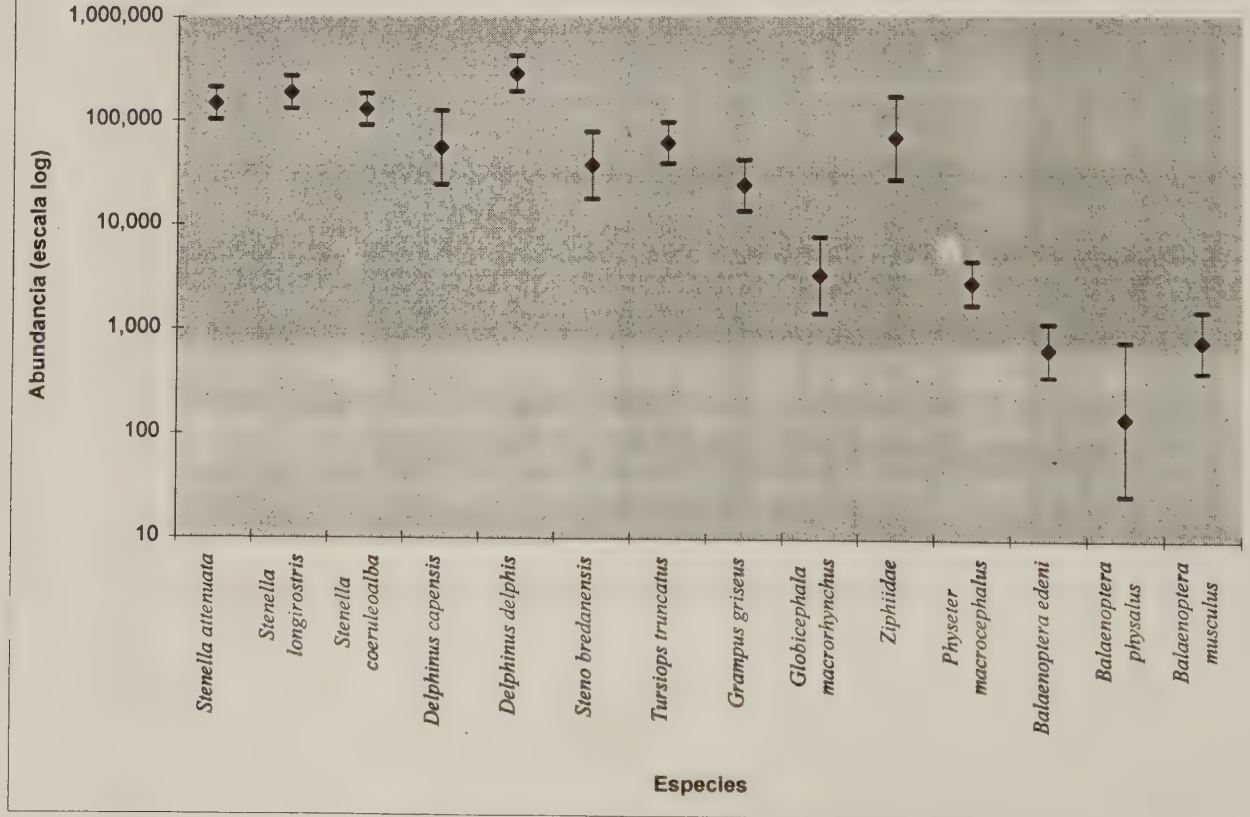


Tabla 4. Estimativos de abundancia de cetáceos (N) y densidad (D) para México, Golfo de California, con límites inferior (N_{inf}) y superior (N_{sup}) de los intervalos de confianza al 95%. El estimativo N_0 no incluye avistamientos no identificados. La densidad está dada en número de animales por 1,000 km^2.

ESPECIES	N_0	N	N_{inf}	N_{sup}	D
Stenella attenuata	23,734	24,288	14,419	40,913	92.66
Stenella longirostris	22,724	23,255	12,411	43,572	88.72
Stenella coeruleoalba	8,642	8,844	3,314	23,603	33.74
Delphinus capensis	61,976	69,456	31,295	154,153	264.97
Delphinus delphis	28,681	32,143	14,287	72,316	122.62
Steno bredanensis	6,341	6,489	2,853	14,757	24.76
Tursiops truncatus	33,799	34,588	20,500	58,358	131.95
Grampus griseus	16,918	17,313	9,027	33,205	66.05
Globicephala macrorhynchus	3,923	3,954	1,591	9,829	15.09
Ziphiidae	13,104	13,208	4,997	34,912	50.39
Physeter macrocephalus	417	433	164	1,144	1.65
Balaenoptera edeni	564	952	435	2,085	3.63
Balaenoptera physalus	820	1,385	594	3,229	5.28
*Phocoena sinus**	--	224	106	470	--

*Los estimativos de *Phocoena sinus* son de Barlow *et al*. (en prensa).

Figura 4. Estimativos de abundancia de cetáceos para México, Golfo de California.

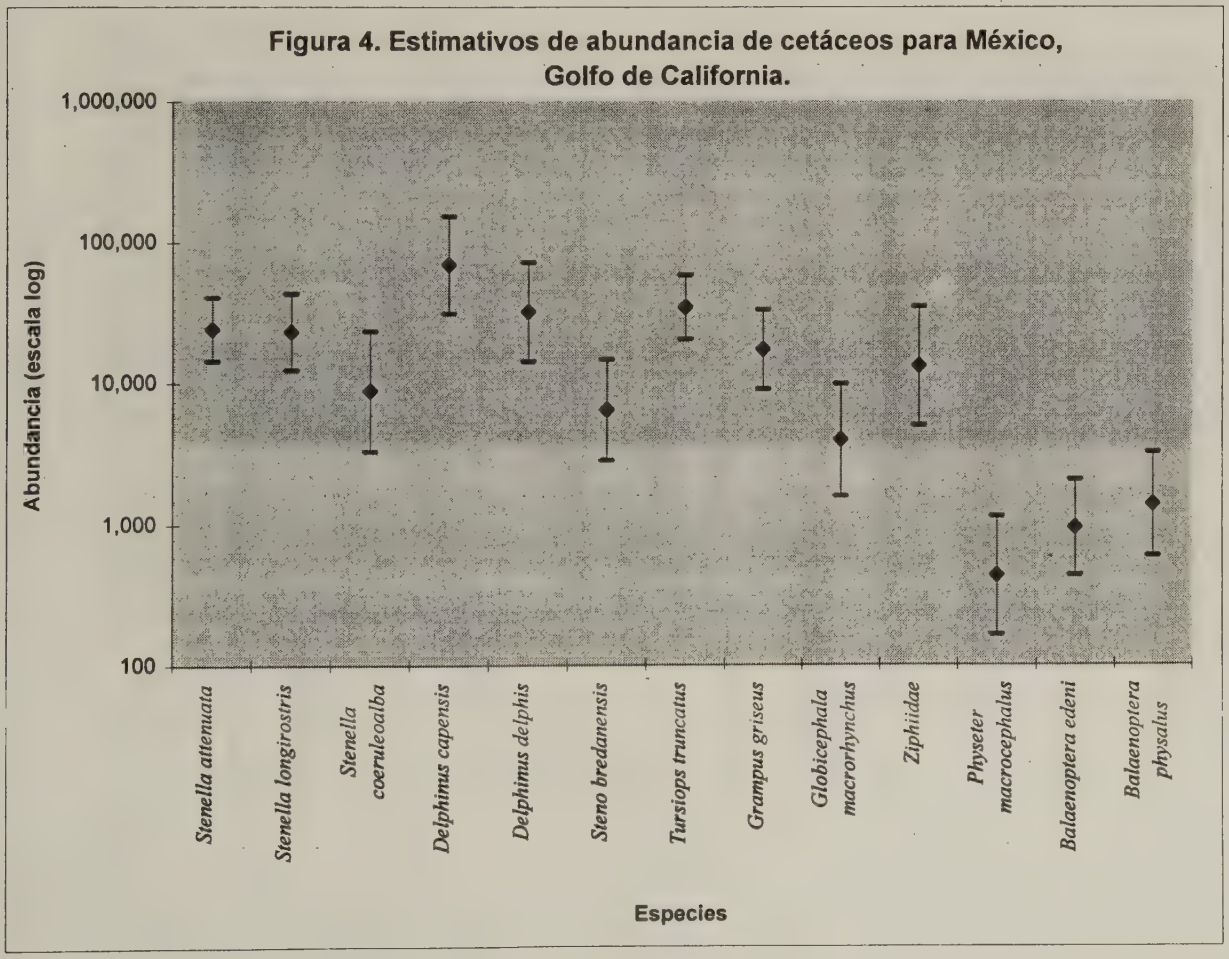


Tabla 5. Estimativos de abundancia de cetáceos (N) y densidad (D) para 'Centro América' con límites inferior (N_{inf}) y superior (N_{sup}) de los intervalos de confianza al 95%. El estimativo N_0 no incluye avistamientos no identificados. La densidad está dada en número de animales por 1,000 km^2.

ESPECIES	N_0	N	N_{inf}	N_{sup}	D
Stenella attenuata	28,445	29,400	17,755	48,680	91.02
Stenella longirostris	23,344	24,127	14,107	41,265	74.69
Stenella coeruleoalba	24,098	24,907	12,924	47,999	77.11
Delphinus delphis	66,438	68,668	41,426	113,824	212.58
Steno bredanensis	4,008	4,143	1,970	8,709	12.82
Tursiops truncatus	29,165	30,144	19,035	47,737	93.32
Grampus griseus	4,345	4,491	2,021	9,979	13.90
Globicephala macrorhynchus	3,720	3,811	1,809	8,029	11.80
Ziphiidae	11,113	11,386	3,580	36,216	35.25
Physeter macrocephalus	306	333	125	890	1.03
Balaenoptera edeni	30	42	16	111	0.13
Balaenoptera musculus	67	94	34	257	0.29

Figura 5. Estimativos de abundancia de cetáceos para 'Centro América'.

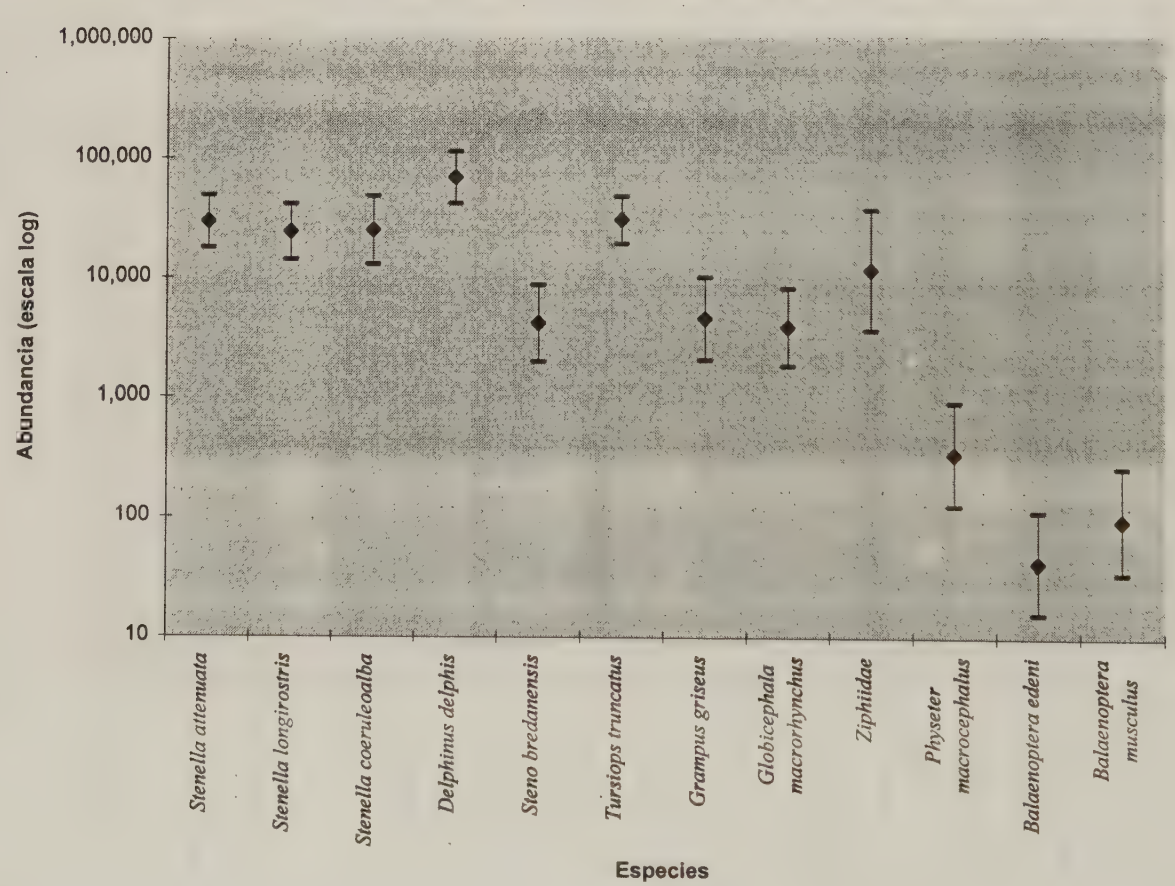


Tabla 6. Estimativos de abundancia de cetáceos (N) y densidad (D) para Costa Rica con límites inferior (N_{inf}) y superior (N_{sup}) de los intervalos de confianza al 95%. El estimativo N_0 no incluye avistamientos no identificados. La densidad está dada en número de animales por 1,000 km^2.

ESPECIES	N_0	N	N_{inf}	N_{sup}	D
Stenella attenuata	8,482	8,888	4,633	17,051	18.68
Stenella longirostris	9,690	10,154	5,102	20,210	21.34
Stenella coeruleoalba	35,326	37,018	25,627	53,471	77.81
Delphinus delphis	51,337	53,796	29,955	96,613	113.08
Steno bredanensis	3,203	3,356	1,496	7,532	7.06
Tursiops truncatus	11,837	12,404	6,716	22,910	26.07
Grampus griseus	7,575	7,938	4,243	14,851	16.69
Globicephala macrorhynchus	8,493	8,541	4,101	17,789	17.95
Ziphiidae	32,520	32,705	12,117	88,279	68.75
Physeter macrocephalus	1,286	1,360	823	2,248	2.86
Balaenoptera edeni	163	289	157	534	0.61
Balaenoptera musculus	27	48	22	102	0.10

Figura 6. Estimativos de abundancia de cetáceos para Costa Rica.

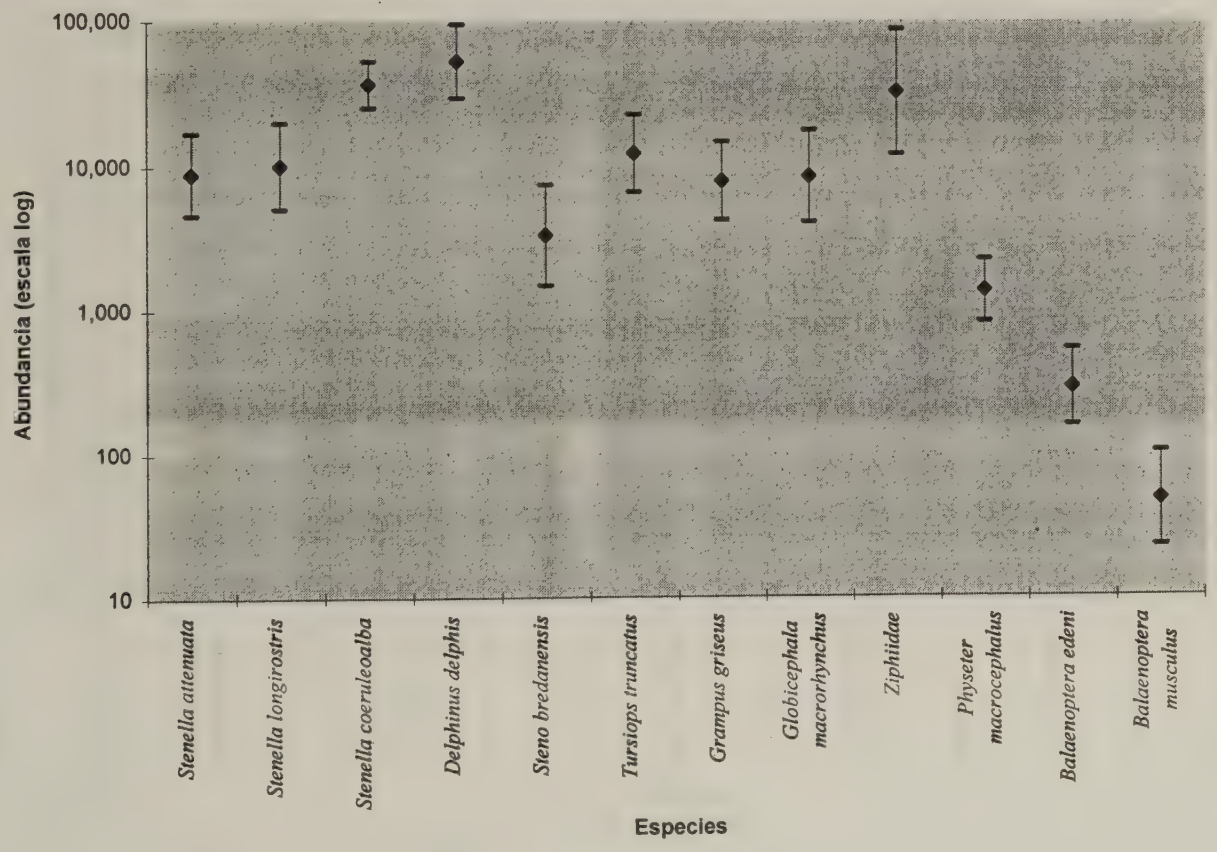


Tabla 7. Estimativos de abundancia de cetáceos (N) y densidad (D) para Panamá con límites inferior (N_{inf}) y superior (N_{sup}) de los intervalos de confianza al 95%. El estimativo N_0 no incluye avistamientos no identificados. La densidad está dada en número de animales por 1,000 km^2.

ESPECIES	N_0	N	N_{inf}	N_{sup}	D
Stenella attenuata	10,574	11,058	5,781	21,152	58.81
Stenella longirostris	2,636	2,757	914	8,314	14.66
Stenella coeruleoalba	11,552	12,081	6,785	21,512	64.25
Delphinus delphis	23,273	24,339	12,857	46,074	129.43
Steno bredanensis	1,245	1,302	490	3,460	6.92
Tursiops truncatus	9,583	10,022	6,158	16,309	53.30
Grampus griseus	2,289	2,394	1,034	5,540	12.73
Globicephala macrorhynchus	2,823	2,850	1,386	5,857	15.15
Ziphiidae	12,985	13,108	4,148	41,417	69.70
Physeter macrocephalus	963	991	508	1,936	5.27
Balaenoptera edeni	49	62	20	193	0.33

Figura 7. Estimativos de abundancia de cetáceos para Panamá.

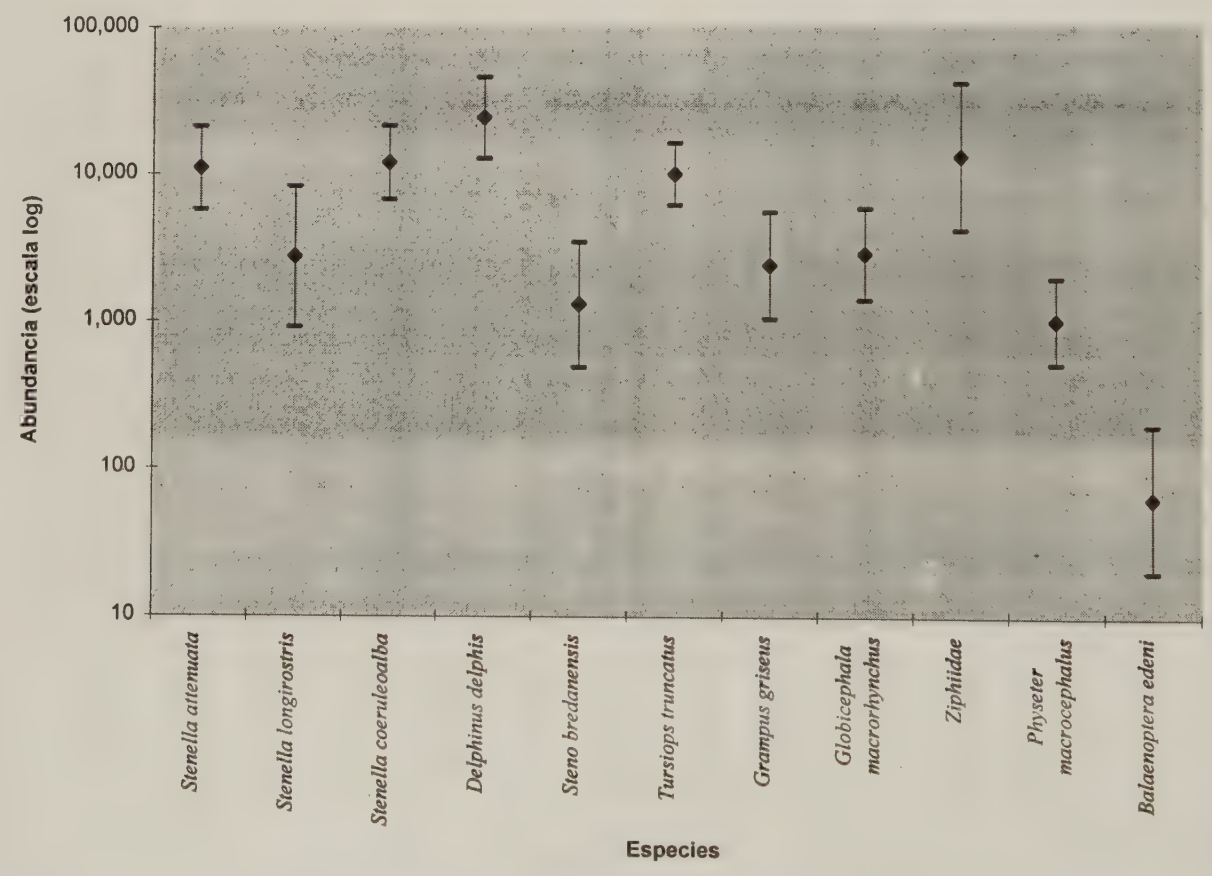


Tabla 8. Estimativos de abundancia de cetáceos (N) y densidad (D) para Colombia con límites inferior (N_{inf}) y superior (N_{sup}) de los intervalos de confianza al 95%. El estimativo N_0 no incluye avistamientos no identificados. La densidad está dada en número de animales por 1,000 km^2.

ESPECIES	N_0	N	N_{inf}	N_{sup}	D
Stenella attenuata	3,717	3,934	1,755	8,820	11.94
Stenella coeruleoalba	24,362	25,785	17,324	38,379	78.26
Delphinus delphis	11,686	12,369	4,136	36,989	37.54
Steno bredanensis	4,125	4,366	1,869	10,200	13.25
Tursiops truncatus	6,775	7,171	3,548	14,493	21.76
Grampus griseus	6,865	7,266	3,599	14,668	22.05
Globicephala macrorhynchus	1,134	1,140	450	2,892	3.46
Ziphiidae	30,609	30,784	10,633	89,119	93.43
Physeter macrocephalus	1,232	1,248	643	2,422	3.79
Balaenoptera edeni	54	109	37	321	0.33

Figura 8. Estimativos de abundancia de cetáceos para Colombia.

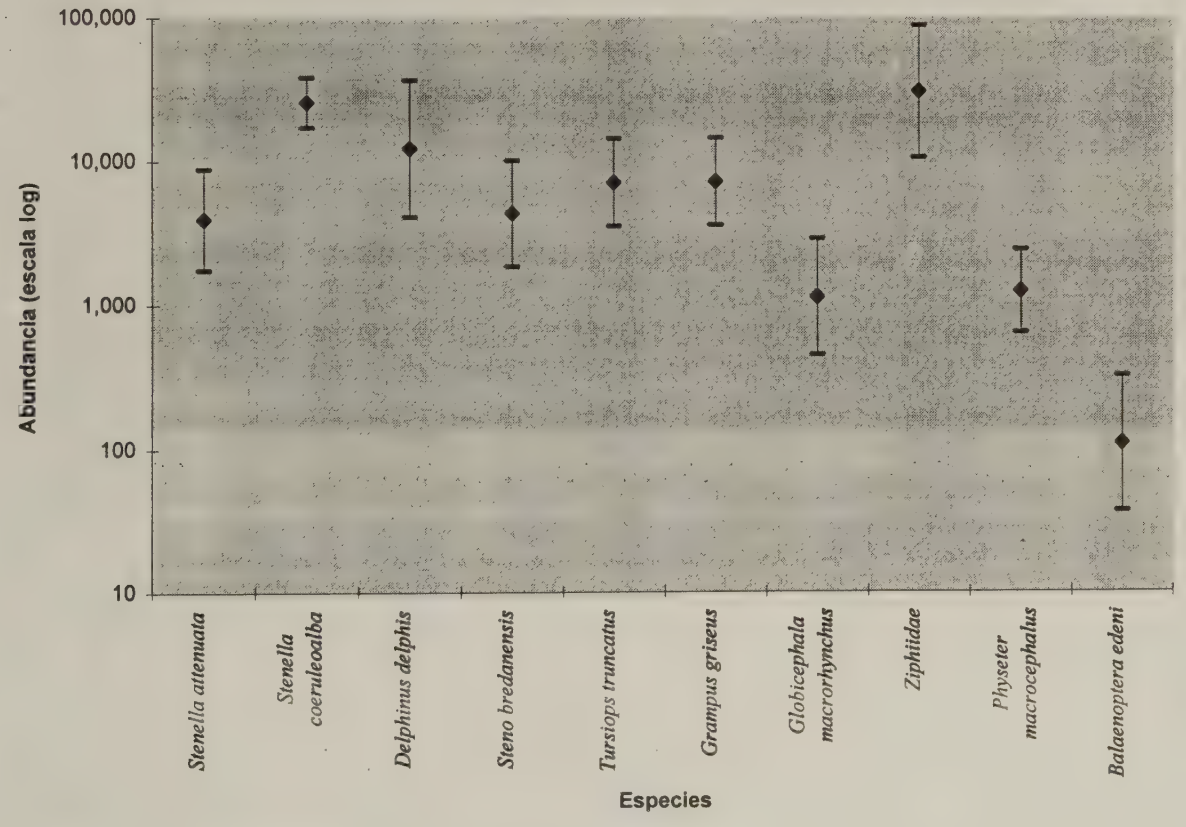
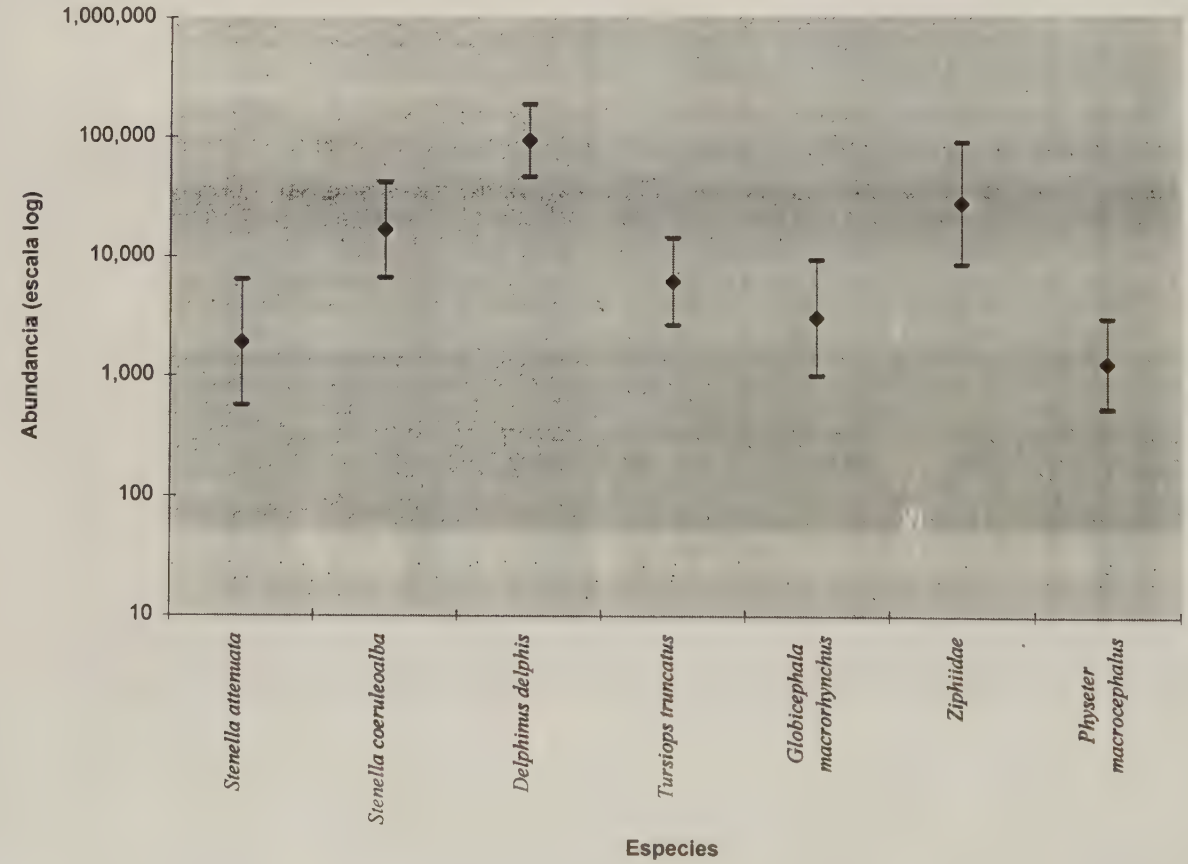


Tabla 9. Estimativos de abundancia de cetáceos (N) y densidad (D) para Ecuador con límites inferior (N_{inf}) y superior (N_{sup}) de los intervalos de confianza al 95%. El estimativo N_0 no incluye avistamientos no identificados. La densidad está dada en número de animales por 1,000 km^2.

ESPECIES	N_0	N	N_{inf}	N_{sup}	D
Stenella attenuata	1,864	1,910	567	6,427	8.31
Stenella coeruleoalba	16,290	16,688	6,640	41,942	72.60
Delphinus delphis	90,256	92,459	46,005	185,822	402.24
Tursiops truncatus	5,946	6,091	2,638	14,065	26.50
Globicephala macrorhynchus	2,986	3,013	991	9,160	13.11
Ziphiidae	26,786	27,031	8,352	87,479	117.59
Physeter macrocephalus	1,179	1,237	522	2,929	5.38

Figura 9. Estimativos de abundancia de cetáceos para Ecuador.



Apéndice 1. Puntos sobresalientes en las costas de países en el Pacífico oriental tropical, desde Ecuador hasta México, usados como base para determinar las Zonas Económicas Exclusivas (ZEE).

Latitud	Longitud	Punto	País
02°11'27" S	081°01'58" W	Punta Santa Elena	Ecuador
01°15'57" S	081°06'28" W	punta oeste de Isla de La Plata	
00°49'58" N	080°06'57" W	Punta Galera	
03°58'58" N	081°34'58" W	Isla Malpelo	Colombia
05°31'30" N	087°01'58" W	Centro de Isla del Coco	Costa Rica
07°10'01" N	080°31'01" W	Península de Azuero	Panamá
08°02'13" N	082°54'00" W	Punta de Burica	Panamá
08°24'00" N	083°19'01" W	Península de Osa	Costa Rica
10°21'14" N	085°52'30" W	Cabo Velas	
10°53'13" N	085°57'00" W	Cabo Santa Elena	
11°14'27" N	085°52'48" W	San Juan del Sur	Nicaragua
11°46'44" N	086°31'08" W	Masachapa	
12°28'30" N	087°11'27" W	Corinto	
12°54'28" N	087°41'27" W	Punta Consiguina	
13°09'14" N	087°54'00" W	Punta de Ampala	El Salvador
13°09'28" N	088°27'57" W	San Juan del Gozo	
13°31'08" N	089°48'14" W	Punta Remedios	
13°54'57" N	090°50'13" W	San José	Guatemala
13°57'14" N	091°19'19" W	Río Coyolate	
14°30'14" N	092°11'42" W	El Gancho	
15°38'27" N	096°30'00" W	Puerto Angel	México
15°57'00" N	097°42'00" W	Punta Galera	
16°18'28" N	098°33'00" W	Punta Maldonado	
16°48'57" N	099°49'30" W	Acapulco	
17°15'57" N	101°03'00" W	Morro de Papanoa	
17°36'57" N	101°33'00" W	Punta Ixtapa	
17°49'30" N	102°10'58" W	Punta Mangrove	
18°03'00" N	102°45'00" W	Bufadero	
18°19'58" N	103°30'00" W	Punta San Telmo	
19°21'57" N	105°00'57" W	Punta Farallón	
20°24'00" N	105°42'00" W	Cabo Corrientes	
21°41'16" N	106°39'39" W	Isla María Madre	
18°42'00" N	110°57'57" W	Isla Socorro, punta sur	Revillagigedos (México)
18°46'30" N	111°03'57" W	Isla Socorro, punta oeste	
18°21'28" N	114°45'57" W	Isla Clarión	
22°52'12" N	109°58'33" W	Cabo San Lucas	
24°25'58" N	112°01'58" W	Punta Redonda	Baja California (México)
27°09'57" N	114°24'57" W	Punta San Pablo	
28°52'44" N	118°17'42" W	Isla Guadalupe, punta sur	
29°11'42" N	118°15'28" W	Isla Guadalupe, punta norte	

Apéndice 2. Especies de mamíferos marinos avistadas en aguas de la ZEE de México, Océano Pacífico, durante los reconocimientos (Julio-Diciembre 1986-1990, 1992 y 1993).

Especies	No. total de avistamientos	No. de grupos mixtos	Tamaño de grupo promedio
Stenella attenuata (altamar)	251	115	84.3
Stenella attenuata graffmani	8	1	19.6
Stenella longirostris orientalis	163	113	104.2
Stenella coeruleoalba	160	12	54.9
Delphinus capensis	74	6	201.9
Delphinus delphis	92	8	266.4
Steno bredanensis	70	14	8.2
Tursiops truncatus	163	50	17.7
Grampus griseus	73	22	14.9
Lagenorhynchus obliquidens	35	9	47.6
Feresa attenuata	13	4	20.8
Pseudorca crassidens	3	2	94.4
Globicephala macrorhynchus	15	8	11
Orcinus orca	15	0	3.7
Physeter macrocephalus	46	5	4.7
Kogia breviceps	8	0	1.4
Kogia simus	29	0	1.2
Ziphius cavirostris	18	0	1.9
Mesoplodon densirostris	1	0	1
Mesoplodon sp. A	13	0	1.8
Beradius bairdii	7	0	15.7
Balaenoptera acutorostrata	8	0	1.3
Balaenoptera edeni	12	0	1.4
Balaenoptera physalus	2	0	3.2
Balaenoptera musculus	30	0	1.2
Megaptera novaeangliae	10	3	1.7
Zalophus californianus	43	1	1.1
Mirounga angustirostris	3	0	1
Phoca vitulina	1	0	1

Apéndice 3. Especies de mamíferos marinos avistadas en aguas de la ZEE de México, Golfo de California, durante los reconocimientos (Julio-Diciembre 1986-1990, 1992 y 1993).

Especies	No. total de avistamientos	No. de grupos mixtos	Tamaño de grupo promedio
Phocoena sinus	26	0	1.6
Stenella attenuata (altamar)	32	12	165.9
Stenella attenuata graffmani	11	5	101.8
Stenella longirostris orientalis	22	11	168
Stenella coeruleoalba	18	0	30.2
Delphinus capensis	26	1	211.6
Delphinus delphis	15	1	100.6
Steno bredanensis	16	1	7.1
Tursiops truncatus	92	15	22.8
Grampus griseus	50	10	40.9
Globicephala macrorhynchus	14	4	19.2
Orcinus orca	3	0	4.3
Physeter macrocephalus	10	0	3
Kogia breviceps	1	1	1
Kogia simus	26	0	1.9
Ziphius cavirostris	16	0	2.2
Balaenoptera acutorostrata	1	0	1
Balaenoptera edeni	8	1	1.5
Balaenoptera physalus	25	2	2.7
Megaptera novaeangliae	2	1	1
Zalophus californianus	23	0	1

Apéndice 4. Especies de mamíferos marinos avistadas en aguas de la ZEE de 'Centro América' durante los reconocimientos (Julio-Diciembre 1986-1990, 1992 y 1993).

Especies	No. total de avistamientos	No. de grupos mixtos	Tamaño de grupo promedio
Stenella attenuata (altamar)	36	20	121.4
Stenella attenuata graffmani	18	0	42.2
Stenella longirostris orientalis	25	18	354.9
Stenella longirostris centroamericana	8	1	649.2
Stenella coeruleoalba	51	1	70.1
Delphinus delphis	28	0	222.7
Steno bredanensis	13	2	12.6
Tursiops truncatus	98	23	21.9
Grampus griseus	14	6	12.1
Feresa attenuata	1	0	133
Globicephala macrorhynchus	13	7	26.9
Orcinus orca	3	0	4.1
Physeter macrocephalus	6	3	4.1
Kogia simus	14	1	2
Ziphius cavirostris	5	0	2.2
Mesoplodon sp. A	1	0	3
Balaenoptera edeni	1	0	1
Balaenoptera musculus	6	0	1.7
Megaptera novaeangliae	1	0	1

Apéndice 5. Especies de mamíferos marinos avistadas en aguas de la ZEE de Costa Rica durante los reconocimientos (Julio-Diciembre 1986-1990, 1992 y 1993).

Especies	No. total de avistamientos	No. de grupos mixtos	Tamaño de grupo promedio
Stenella attenuata (altamar)	21	7	101.2
Stenella attenuata graffmani	1	0	5
Stenella longirostris orientalis	10	4	133.1
Stenella longirostris híbrido	2	2	15.8
Stenella coeruleoalba	74	1	45.4
Delphinus delphis	31	1	254.8
Steno bredanensis	12	1	31.5
Tursiops truncatus	46	27	18.9
Grampus griseus	29	5	8
Peponocephala electra	1	1	288.6
Pseudorca crassidens	1	1	7
Globicephala macrorhynchus	43	20	13.6
Orcinus orca	4	1	3.6
Physeter macrocephalus	29	4	11.5
Kogia simus	20	0	1.7
Ziphius cavirostris	7	0	2
Mesoplodon sp. A	2	0	2
Balaenoptera edeni	7	0	2.9
Balaenoptera musculus	2	0	1

Apéndice 6. Especies de mamíferos marinos avistadas en aguas de la ZEE de Panamá durante los reconocimientos (Julio-Diciembre 1986-1990, 1992 y 1993).

Especies	No. total de avistamientos	No. de grupos mixtos	Tamaño de grupo promedio
Stenella attenuata (altamar)	4	0	720.4
Stenella attenuata graffmani	25	3	58.7
Stenella longirostris orientalis	3	1	73.8
Stenella coeruleoalba	24	1	50.5
Delphinus delphis	14	0	157.9
Steno bredanensis	3	1	10.3
Tursiops truncatus	43	17	16.8
Grampus griseus	8	1	7.5
Peponocephala electra	3	1	263.3
Feresa attenuata	1	0	19
Globicephala macrorhynchus	14	7	11.4
Orcinus orca	1	0	1
Physeter macrocephalus	22	6	5.3
Kogia simus	3	0	1
Ziphius cavirostris	2	0	2.8
Mesoplodon densirostris	1	0	2
Balaenoptera edeni	1	0	1.7
Megaptera novaeangliae	2	0	1

Apéndice 7. Especies de mamíferos marinos avistadas en aguas de la ZEE de Colombia durante los reconocimientos (Julio-Diciembre 1986-1990, 1992 y 1993).

Especies	No. total de avistamientos	No. de grupos mixtos	Tamaño de grupo promedio
Stenella attenuata (altamar)	4	1	113.8
Stenella attenuata graffmani	2	0	103.4
Stenella coeruleoalba	50	0	48.7
Delphinus delphis	7	0	80.9
Steno bredanensis	14	6	22.3
Tursiops truncatus	21	13	17.9
Grampus griseus	23	5	10.4
Peponocephala electra	6	1	359.3
Pseudorca crassidens	1	0	14
Globicephala macrorhynchus	4	2	5.3
Orcinus orca	1	0	6
Physeter macrocephalus	32	4	8
Kogia simus	3	0	1.5
Ziphius cavirostris	4	0	1.5
Mesoplodon densirostris	2	0	4
Balaenoptera edeni	1	0	1
Megaptera novaeangliae	11	0	2.3

Apéndice 8. Especies de mamíferos marinos avistadas en aguas de la ZEE de Ecuador durante los reconocimientos (Julio-Diciembre 1986-1990, 1992 y 1993).

Especies	No. total de avistamientos	No. de grupos mixtos	Tamaño de grupo promedio
Stenella coeruleoalba	10	0	37.1
Delphinus delphis	12	0	428.4
Tursiops truncatus	4	1	31.2
Globicephala macrorhynchus	3	2	14.4
Orcinus orca	1	0	2
Physeter macrocephalus	8	2	14.6
Mesoplodon densirostris	1	0	2
Megaptera novaeangliae	2	0	1.5